



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DO CONJUNTO TRATOR
SEMEADORA ADUBADORA CAMALHOEIRA: ADUBAÇÃO EM MILHO
CONSORCIADO E VIABILIDADE ECONÔMICA**

FORTALEZA

2020

PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DO CONJUNTO TRATOR
SEMEADORA ADUBADORA CAMALHOEIRA: ADUBAÇÃO EM MILHO
CONSORCIADO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237d Santos, Paulo Ricardo Alves dos.
Desempenho operacional e energético do conjunto trator semeadora adubadora camalhoeira: adubação em milho consorciado e viabilidade econômica / Paulo Ricardo Alves dos Santos. – 2020.
124 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.
Coorientação: Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva.
1. Zea mays L. 2. Integração lavoura pecuária. 3. Viabilidade econômica. I. Título.

CDD 630

PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DO CONJUNTO TRATOR
SEMEADORA ADUBADOURA CAMALHOEIRA: ADUBAÇÃO EM MILHO
CONSORCIADO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovado em: 28/08/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Hernandes de Oliveira Feitosa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Dr. Paula de Aguiar Silva
Universidade Federal do Triângulo (UFTM)

Dr. Mauro Ferreira Machado
Universidade Federal do Triângulo (UFTM)

A Deus. A minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mim dá força diária pra sempre lutar por aquilo que acredito.

À minha vó /mãe (IN MEMÓRIA), Expedita Bezerra dos Santos pela educação e pelo carinho (meu alicerce de vida).

Aos meus pais, Maria Neuma Alves dos Santos e Geraldo Bezerra dos Santos.

A todos meus familiares, que sempre estiveram comigo nesta caminhada, mesmos aqueles que estão somente na lembrança.

A Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade e suporte oferecidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa de estudo.

A Agência do Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), pelo suporte financeiro na pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, pela paciência, orientações, disponibilidade, ensinamentos e contribuição no meu crescimento profissional.

Aos meus coorientadores, Dr. Alexsandro Oliveira da Silva pela imensa contribuição no desenvolver do experimento a campo, e ao Professor Dr. Flávio Hiroshi Kaneko pela grande ajuda, norteador, na análise estatísticas dos dados e escrita dos artigos.

A todos que compõem o grupo de pesquisa NIMPA (Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas) e LIMA (Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas) pelo apoio oferecido nos momentos oportunos.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, em especial aos de Sistemas Agrícolas, Dr. Carlos Alessandro Chioderoli; Dr. Daniel Albiero; Dr. Leonardo de Almeida Monteiro e Dr. Danilo Roberto Loureiro pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional.

À banca Examinadora do exame de qualificação, professora Dr. Paula de Aguiar Silva, professor Dr. Aguinaldo José Freitas Leal e ao professor Dr. Flavio Hiroshi Kaneko, pelas sugestões, pelo valioso apoio e, principalmente, por terem se colocado a disposição para futuros questionamentos.

Ao colega de profissão Valsérgio Barros da Silva pela ajuda na condução do experimento a campo e pelos momentos de descontração na fazenda experimental Vale do Curu.

A todos os funcionários da fazenda experimental Vale do Curu em Pentecoste, em especial ao Engenheiro Agrônomo Kleyton Chagas de Sousa pelo apoio técnico.

A galera do vôlei da fazenda experimental, que aos finais de tarde quando possível, me davam a oportunidade de descontrair.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram para realização deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Shopenhauer).

RESUMO

A utilização de maquinários que permita ao mesmo tempo o preparo do solo para captação da água da chuva *in situ* e a semeadura das culturas em consórcio (milho + forrageiras) com o fertilizante de forma momentânea é uma alternativa de grande importância nas condições das regiões semiáridas, pois favorece a conservação do solo, possibilitando a retenção da água por mais tempo no solo, além de diminuir os gastos com operações em campo. Assim, no presente trabalho foram realizados três estudos, onde o primeiro teve como objetivo avaliar o desempenho operacional e energético de uma semeadora adubadora camalhoeira, no uso de seis sistemas de semeadura, os quais foram: (S1 - semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; S2 - semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3 - semeadura do milho em consórcio dentro do sulco; S4 - semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5 - semeadura convencional em consórcio; S6 - semeadura convencional sem consórcio) e dois mecanismos para deposição de fertilizantes (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste) no esquema fatorial 6 x 2 com 4 repetições. No segundo estudo, o objetivo foi avaliar a produção da cultura do milho em função de diferentes sistemas de semeadura, mecanismo para deposição de fertilizantes e diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura levando em consideração a necessidade das culturas em consórcio. Para tanto, foram utilizados seis sistemas de semeadura (S1, S2, S3, S4, S5 e S6), dois mecanismos (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste) e quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura, (0; 60; 110 e 165 Kg/ha⁻¹), perfazendo um fatorial 6x2x4 com quatro repetições. Para o terceiro estudo, o objetivo foi analisar, economicamente, o efeito dos mesmos fatores do estudo II. A análise estatística foi realizada com uso do programa SISVAR a 5% de significância. Foi possível concluir que independente do sistema de semeadura (camalhão ou sulco) e mecanismo usado, não há diferença na população inicial de plantas de milho e na profundidade das sementes (milho e forrageira). No entanto, é necessário maior atenção na profundidade do fertilizante e semente de forrageira quando depositados juntos de maneira momentânea. Os sistemas de semeadura que mobilizam o solo (sulco e camalhão) apresentam maior consumo energético, assim como o mecanismo haste; O sistema de semeadura S5 apresenta melhor desempenho operacional, juntamente com o mecanismo disco. Para o segundo estudo, foi possível concluir que os sistemas de semeadura em camalhão e sulco com uso do mecanismo haste favorecem os componentes de crescimento da cultura do milho, já em relação à produtividade de grãos, os sistemas de semeadura em camalhão é o

mais indicado, independente do mecanismo utilizado; adubação nitrogenada em cobertura realizada em função da necessidade de todas as culturas em consórcio é alternativa promissora, pois aumenta linearmente os componentes da produção e a produtividade da cultura do milho em consórcio com forrageira. No terceiro estudo, conclui-se que o sistema em camalhão (S2) adubado com a dose de 165 kg ha⁻¹ de N em cobertura com uso do mecanismo haste favorece maior rentabilidade. No entanto, não é recomendado o uso do sistema S3 e S4 sem adubação e com uso do disco, pois os mesmos promovem menores índices de lucratividade e lucro operacional, favorecendo prejuízo aos produtores.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Integração lavoura pecuária. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The use of machinery that allows at the same time the preparation of the soil to capture rainwater in situ and the sowing of crops in consortium (corn + fodder) with the fertilizer momentarily is an alternative of great importance in the conditions of semi-arid regions, because it favors the conservation of the soil, allowing the retention of water for longer in the soil, in addition to reducing the costs of field operations. Thus, in the present work, three studies were carried out, where the first aimed to evaluate the operational and energetic performance of a shrimp fertilizer spreader, in the use of six sowing systems: (S1 - sowing of corn in consortium on top of the ridge; S2 - sowing of corn in ridge without consortium; S3 - sowing of corn in consortium within the furrow; S4 - sowing of corn within the furrow without consortium; S5 - conventional sowing in consortium; S6 - conventional sowing without consortium) and two mechanisms for deposition of fertilizers (M1- disc mechanism and M2 - rod mechanism) in the factor scheme 6 x 2 with 4 repetitions. In the second study, the objective was to evaluate the corn crop production according to different sowing systems, mechanism for fertilizer deposition and different levels of nitrogen fertilization in mulch taking into account the needs of the crops in consortium. For this purpose, six sowing systems (S1, S2, S3, S4, S5 and S6), two mechanisms (M1- disc mechanism and M2 - rod mechanism) and four levels of nitrogen fertilization in mulch were used, (0; 60; 110 and 165 Kg/ha-1), making a factorial 6x2x4 with four repetitions. For the third study, the objective was to analyze, economically, the effect of the same factors of study II. The statistical analysis was performed using the SISVAR program at 5% of significance. It was possible to conclude that independent of the sowing system (camallion or furrow) and mechanism used, there is no difference in the initial population of corn plants and in the depth of seeds (corn and fodder). However, more attention is needed to the depth of fertilizer and fodder seed when momentarily deposited together. The sowing systems that mobilize the soil (furrow and ridge) present higher energy consumption, as well as the rod mechanism; The S5 sowing system presents better operational performance, together with the disc mechanism. For the second study, it was possible to conclude that the systems of sowing in camallion and furrow with the use of the mechanism stem favor the components of growth of the corn crop, already in relation to the productivity of grains, the systems of sowing in camallion is the most indicated, independent of the mechanism used; nitrogen fertilization in cover realized in function of the necessity of all the crops in consortium is promising alternative, because it

increases linearly the components of the production and the productivity of the crop of corn in consortium with fodder. In the third study, it was concluded that the system in camalhão (S2) fertilized with the dose of 165 kg ha⁻¹ of N in covering with the use of the rod mechanism favors greater profitability. However, it is not recommended the use of the S3 and S4 system without fertilization and with the use of the disc, because they promote lower rates of profitability and operational profit, favoring losses to producers.

Keywords: *Zea mays* L. Livestock farming integration. Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mecanismo sulcador acoplado no chassi da semeadora adubadora (A), semeadura adubadora camalhoeira em operação no campo (B).....	27
Figura 2	- Semeadura em cima do camalhão (A) e semeadura dentro do sulco (B).....	27
Figura 3	- Dados meteorológicos referente ao período de condução do experimento (Dezembro de 2018 a março de 2019).....	48
Figura 4	- Largura do camalhão (LC), altura do camalhão e sulco (HC/S), base menor (b) e base maior (B).....	52
Figura 5	- Sulcador responsável pela formação do sulco e camalhão (A) e a haste de fixação (B).....	53
Figura 6	- Mecanismos: disco (A) e haste (B).....	54
Figura 7	- Disposição dos tratamentos na área experimental.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos realizados com a técnica de captação de água <i>in situ</i>	23
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Relação de municípios por estados em condições semiárido	23
Tabela 2 -	Características físicas da área experimental nas profundidades de 0,00 - 0, 20 e 0,20 - 0,40 m	49
Tabela 3 -	Características químicas da área experimental nas profundidades de 0,00 - 0 20 e 0,20 - 0,40.....	50
Tabela 4 -	Valores médios da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e teor de água no solo (TAS) na profundidade 0,00 - 0,30 m dentro de cada tratamento	51
Tabela 5 -	Dados de espaço poroso e densidade do solo	51
Tabela 6 -	Valores médios da altura e largura do camalhão e sulcos realizados em testes de campo.....	53
Tabela 7 -	Valores médios obtidos para profundidade da semente de milho (PSM), profundidade do fertilizante e semente de forrageira (PFSF) e população inicial de plantas	61
Tabela 8 -	Valores médios obtidos para Velocidade (V), Patinagem do trator (PAT) e capacidade de campo operacional (CCO).....	62
Tabela 9 -	Valores médios obtidos do desdobramento dos mecanismos sulcadores dentro dos locais de semeadura para a variável velocidade de deslocamento	63
Tabela 10 -	Valores médios obtidos do desdobramento dos mecanismos sulcadores dentro dos sistemas de semeadura para a variável capacidade de campo operacional (CCO).....	64
Tabela 11 -	Valores médios obtidos para consumo horário (CH), consumo operacional (CO) e área mobilizada (AM).....	65
Tabela 12 -	Fases de desenvolvimento do milho e seus respectivos coeficientes de cultura	73
Tabela 13 -	Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC).....	77
Tabela 14 -	Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores pra variável altura de plantas	78
Tabela 15 -	Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e	79

	mecanismos sulcadores pra diâmetro de colmo	
Tabela 16 -	Número de fileira por espiga (NFE) e número de grãos por espiga (NGE).....	81
Tabela 17 -	Massa de 1000 grãos e produtividade de grãos	83
Tabela 18 -	Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores pra Massa de 1000 grãos.....	84
Tabela 19 -	Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores para a produtividade de grãos.....	85
Tabela 20 -	Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do milho, em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada.....	95
Tabela 21 -	Custo operacional total (COT) obtido com a cultura do milho, em função dos sistemas de semeadura, da adubação nitrogenada com uso mecanismo disco	96
Tabela 22 -	Custo operacional total (COT) obtido com a cultura do milho, em função dos sistemas de semeadura, da adubação nitrogenada e do mecanismo haste.....	97
Tabela 23 -	Análise descritiva para profundidade da semente do milho, adubo, semente de forrageira e profundidade de adubo	119
Tabela 24 -	Análise descritiva para Velocidade (V), Patinagem do trator (PAT) e capacidade de campo operacional (CCO).....	120
Tabela 25 -	Análise descritiva para consumo horário (CH), consumo por área (CA), consumo operacional (CO) e área mobilizada (AM).....	121
Tabela 26 -	Análise descritiva para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo	122
Tabela 27 -	Análise descritiva para número de espigas, número de fileiras por espiga e grãos por fileiras.....	123
Tabela 28 -	Análise descritiva para população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de grãos.....	124

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	18
2	HIPÓTESES	20
3	OBJETIVOS	21
3.1	Gerais	21
3.2	Específicos	21
4	REVISÃO DE LITERATURA	22
4.1	Agricultura no semiárido	22
4.2	Captação de água <i>in situ</i>	23
4.3	Sistemas	25
4.4	Sistemas sulco e camalhão	26
4.5	Desempenho operacional e energético	27
4.5.1	<i>Velocidade de deslocamento</i>	28
4.5.2	<i>Consumo de combustível</i>	29
4.5.3	<i>Patinamento</i>	30
4.5.4	<i>Mobilização do solo</i>	31
4.6	Mecanismos sulcadores	32
4.7	A cultura do milho	34
4.8	Consórcio Milho - forrageira	35
4.8.1	<i>Consórcio Milho –forrageira Massai</i>	38
4.9	Adubação nitrogenada	40
4.10	Viabilidade econômica	42
5	CAPITULO I: DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA ADUBADORA CAMALHOEIRA: SISTEMAS DE SEMEADURA E MECANISMOS DE DEPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES	44
5.1	Introdução	46
5.2	Material e métodos	48
5.2.1	<i>Área experimental</i>	48
5.2.2	<i>Caracterização da área experimental</i>	49
5.2.2.1	<i>Análise física e química do solo</i>	49
5.2.2.2	<i>Aração e gradagem da área experimental</i>	50
5.2.2.3	<i>Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e teor de água do solo (TA)</i>	50

5.2.2.4	<i>Porosidade e densidade do solo</i>	51
5.2.3	<i>Profundidade do sulco e altura do camalhão</i>	52
5.2.4	<i>Processo de formação do camalhão e sulcos</i>	53
5.2.5	<i>Processo de semeadura</i>	54
5.2.6	<i>Delineamento Experimental</i>	55
5.2.7	<i>Parcelas experimentais</i>	55
5.2.8	<i>Análise estatística</i>	60
5.4	Resultados e discussão	61
5.5	Conclusões	67
6	CAPITULO II: PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO PARA CULTURAS CONSORCIADAS	68
6.1	Introdução	70
6.2	Material e métodos	72
6.2.1	<i>Delineamento experimental</i>	72
6.2.2	<i>Parcelas experimentais</i>	72
6.2.3	<i>Sementes utilizadas</i>	73
6.2.4	<i>Manejo da irrigação</i>	73
6.2.5	<i>Tratos culturais</i>	73
6.2.6	<i>Manejo da Adubação</i>	74
6.2.7	<i>Variáveis avaliadas</i>	74
6.2.8	<i>Análise estatística</i>	76
6.3	Resultados e discussão	77
6.4	Conclusões	86
7	CAPITULO III: RENTABILIDADE DO MILHO CONSORCIADO: SISTEMA DE SEMEADURA, MECANISMO SULCADORESE ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA	87
7.1	Introdução	89
7.2	Material e métodos	91
7.2.1	<i>Delineamento experimental</i>	91
7.2.2	<i>Determinação dos custos de produção</i>	91
7.2.3	<i>Cálculos de lucratividade</i>	93
7.3	Resultados e discussão	94

7.4	Conclusões.....	99
	REFERÊNCIAS.....	100
	APÊNDICE A - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICAS PARA A PROFUNDIDADE DE SEMENTE DE MILHO, FORRAGEIRA E ADUBO.....	119
	APÊNDICE B - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVAS BÁSICAS DAS VARIÁVEIS: VELOCIDADE (V), PATINAMENTO DO TRATOR (PAT) E CAPACIDADE DE CAMPO OPERACIONAL (CCO).....	120
	APÊNDICE C - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICA DAS VARIÁVEIS: CONSUMO HORÁRIO (L/H), CONSUMO OPERACIONAL (CO) E ÁREA MOBILIZADA (AM).....	121
	APÊNDICE D - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICA PARA AS VARIÁVEIS: ALTURA DE PLANTAS, ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA E DIÂMETRO DE COLMO.....	122
	APÊNDICE E - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA BÁSICA PARA AS VARIÁVEIS: NÚMERO DE GRÃOS/ESPIGAS E NÚMERO DE GRÃOS/FILEIRAS.....	123

1 INTRODUÇÃO GERAL

A necessidade de aumentar a produtividade das culturas está cada vez mais evidente e necessário frente à grande demanda de alimento imposta pelo aumento populacional. Para tanto, com a problemática das questões ambientais a maximização da produtividade deve estar inserida em sistemas agrícolas que preconizem a ideia de conservação, que sejam autossustentável, com reduzido impacto ambiental.

De forma geral, a região semiárida no Nordeste Brasileiro apresenta características peculiares como, precipitações irregulares, altas taxas de evapotranspiração e solos em sua maior totalidade, rasos. Assim, tais peculiaridades estabelecem nesta região entraves para o desenvolvimento da agricultura. Portanto, o uso de técnicas que permita reduzir os riscos da exploração agrícola na referida região se torna de bastante valia para seu desenvolvimento e crescimento.

O sistema de plantio direto, a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) são hoje os principais sistemas que concernem à ideia de produzir com baixo impacto ambiental. Dentro do sistema integração lavoura-pecuária, a de se destacar a modalidade de consorciação de culturas, atividade bastante utilizada a nível nacional. Entre as culturas mais usadas em consórcio com as forrageiras, o milho têm se destacado devido ao grande número de variedades existentes e facilidade de adaptação as diferentes regiões produtoras de grãos Cortez et al., (2016).

Técnicas de preparo do solo para captação de água *in situ*, bem como a consorciação de culturas são práticas comuns na região nordeste do Brasil como alternativas de melhor intensificar a produção na área, como também proporcionar maior tempo de retenção de água no solo. Sistemas como; sulcação pré-semeadura, sulcação pós-semeadura, sulco barrado, sistema Guimarães Duque e sistema em W já vem sendo desenvolvida. No entanto, em todos os sistemas citados, o preparo do solo acontece em momento distinto à semeadura, tornando necessário duas ou mais operações na implantação da cultura em campo. Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de métodos de preparo do solo, em que ao mesmo tempo seja realizado o preparo para captação da água e o processo de semeadura, com a deposição de semente e fertilizantes de maneira momentânea, permitindo assim, a conservação do solo e diminuição de gasto em campo com operações agrícolas.

O uso de mecanismos sulcadores para deposição de fertilizantes é um dos fatores que influenciam diretamente a produtividade da cultura, sendo sua uniformidade de atuação dependente das condições do solo, bem como das diferenças intrínsecas aos mesmos, como o diâmetro e formato. Assim, com o objetivo de incrementar produtividade nas culturas em campo, o uso de discos e haste tem sido bastante utilizado pelos produtores nos mais diferentes tipos de solo, manejo e cobertura presente.

Outro fator que apresenta grande influência na produtividade das culturas é adubação de nitrogênio em cobertura. Pois o nitrogênio é o nutriente de maior demanda pelas culturas, tendo em vista sua participação nas várias moléculas de crescimento das plantas (Gomes et al., 2007; Taiz & Zeiger, 2009; Chagas et al., 2018). Ademais, a aplicação de N em cobertura geralmente coincide com o maior pico de necessidade dentro do ciclo da maioria das culturas fazendo com que essa técnica tenha eficácia em aumentar a produtividade das mesmas.

Portanto, sabendo que na consorciação de culturas as plantas competem por fatores de produção como água, luz e nutrientes, e que na maioria das vezes, a adubação realizada é feita considerando apenas a necessidade da cultura de maior valor econômico, torna-se necessário uma adubação que tenha variação dentro da necessidade de todas as culturas em consórcio, pois poderá aumentar a produtividade de ambas às culturas, além de tal manejo servir como manual de adubação aos produtores da região, em que muitas vezes os mesmos recorrem a boletim de adubação de outras regiões totalmente distintas da sua.

Por fim, como toda atividade, seja ela no ramo do comércio, indústria, pecuária ou agricultura, o foco será sempre o lucro final, portanto, o estudo dos aspectos técnicos dentro de um sistema de produção deve ser seguido do estudo econômico com o objetivo central de analisar os custos totais envolvidos na produção e a lucratividade de cada sistema. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto trator semeadora-adubadora camalhoeira em função de diferentes sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores de deposição de fertilizantes, bem como analisar a produtividade do milho em consórcio com a forrageira *Massai* levando em consideração a adubação para as culturas consorciadas, e avaliar a viabilidade econômica dentro de cada sistema adotado.

2 HIPÓTESES

É possível realizar o processo de abertura do sulco, formação do camalhão, deposição de fertilizantes e sementes em uma operação única, por meio de máquinas específicas denominadas de semeadora-adubadora-camalhoeira.

O uso de uma adubação complementar fracionada que atenda as exigências de cultivo em consórcio, é mais eficiente no desenvolvimento das culturas.

O monocultivo é economicamente mais rentável quando comparado ao sistema consorciado.

3 OBJETIVOS:

3.1 Gerais

Avaliar o desempenho energético e operacional de uma semeadora-adubadora camalhoeira, bem como a deposição de fertilizantes e sementes em operação única, levando em consideração as condições edafoclimáticas no nordeste brasileiro.

Analisar o consórcio entre milho e forrageiras submetidas a diferentes níveis de adubação e verificar possíveis alterações nas características morfológicas, agronômicas e a viabilidade econômica do sistema.

3.2 Específicos

- Avaliar qual sistema de semeadura permitirá melhor uniformidade na deposição de sementes de milho, forrageira e adubo de forma momentânea;

- Determinar qual mecanismo (disco ou haste) permitirá melhor uniformidade na deposição de sementes de milho, forrageira e adubo de forma momentânea;

- Encontrar qual sistema de semeadura, bem como os mecanismos utilizados, permitirá maior gasto energético do conjunto trator - semeadora camalhoeira;

- Verificar qual sistema de semeadura, bem como os mecanismos utilizados, permitirá maior desempenho operacional do conjunto trator - semeadora camalhoeira;

- Analisar qual nível de adubação utilizado em função da necessidade de ambas as culturas em consórcio terá maior contribuição nos componentes morfológicos, crescimento e de produção na cultura do milho;

- Avaliar dentro do sistema de consórcio milho - forrageira, o desempenho agroeconômico.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Agricultura no Semiárido

Os agrossistemas do semiárido Brasileiro apresentam características que as torna um limitador no desenvolvimento produtivo nessa região. Para Castro (2012), a heterogeneidade climática, bem como as condições naturais do solo, somada à ausência de tecnologias adequadas está entre os principais fatores que limitam a produção agrícola nas regiões semiáridas.

A precipitação pluviométrica do semiárido Brasileiro é bastante variável no espaço e no tempo, com duas estações bem distintas denominadas localmente, como, estação chuvosa de 3 a 5 meses de inverno e uma longa estação seca chamada de verão, que tem duração de 7 a 9 meses, com precipitação total inferior a 800 mm/ano (SOARES, 2013).

Topograficamente, a região semiárida caracteriza-se por apresentar relevo plano a ondulado. Quanto aos tipos de solos na referida região, destaca-se: Os Neossolos Litólicos (19,2%), Latossolos (21%), Argissolos (14,7%), Luvisolos (13,3%), Neossolos Quartzarênicos (9,3%), Planossolos (9,1%), Neossolos Regolíticos (4,4%) e Cambissolos (3,6%). Perfazendo 5,4% da região, podem também ser encontrados Neossolos Flúvicos, Vertissolos, Chernossolos, entre outros, em pequenas extensões (JACOMINE, 1996).

Na tabela 1 abaixo segue os estados Brasileiros com os seus municípios correspondentes em números com características de semiárido.

A vegetação predominante no semiárido é a Caatinga. Constituída de espécies vegetais, na sua maioria, xerófilas. Esse tipo de vegetação apresenta características que lhe permite fornecer biomassa como fonte de energia, alimentando a fauna silvestre e os animais domésticos (SILVA et al., 2008).

A pecuária tem sido a atividade mais adequada para as condições semiárida. Para tanto, segundo Silva et al (2008) é necessário uma base alimentar que garanta alimentos no período de escassez, de forma assegurar renda e lucro ao produtor. Barros et al., (1997) relata que diversas são as opções que podem ser utilizadas como suprimento de forragem no período de escassez, como a silagem, feno, capineiras irrigadas e banco de

proteínas, sendo a escolha dependente das condições físicas e econômicas de cada propriedade.

Tabela 1 - Relação de municípios por estados em condições semiárido - 2020

Estado	Municípios
Maranhão	2
Piauí	185
Ceará	175
Rio Grande do Norte	147
Paraíba	194
Pernambuco	123
Alagoas	38
Sergipe	29
Bahia	278
Minas Gerais	91
Total	1262

Fonte: Autor, 2020.

De acordo com Silva et al., (2008) o cultivo de forrageiras é uma alternativa promissora em viabilizar a pecuária na região semiárida. Porém, é necessário que o produtor considere a escolha da área, as condições de ambiente, a espécie forrageira, o tipo e a natureza de exploração, preparo da área, forma de plantio e o manejo a ser utilizado.

Portanto, diante das condições edafocimáticas que caracterizam o semiárido nordestino, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis com intuito de aumentar a disponibilidade de alimento se faz necessário. No entanto, Barros (2014) relata que práticas como o uso de adubações química e orgânica, formação de bancos de proteína, suplementação alimentar, introdução de forrageiras, pastagens cultivadas, cultivo de espécies xerófilas tem sido praticado, mas com resultados ainda incipientes.

4.2 Captação de água *in situ*

A baixa ocorrência de chuvas somada à distribuição irregular no espaço e no tempo na região semiárida Brasileira é configurada como um problema para o desenvolvimento das atividades agrícolas nesta região. Diante dessa problemática, trabalhos elencando alternativas, como, o sistema de captação de água *in situ*, que consiste na modificação da superfície do solo de modo que o terreno entre fileiras de cultivo sirva

como áreas de captação de água vêm sendo desenvolvidas. Na tabela 2 abaixo, segue a relação de autores e seus respectivos trabalhos realizados com a técnica de captação de água *in situ*.

Quadro 1 - Trabalhos realizados com a técnica de captação de água *in situ*

Autores	Descrição
Brito et al., (2008)	Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação <i>in situ</i> no semiárido brasileiro.
Laime (2013)	Sistemas de captação de água <i>in situ</i> em função do crescimento e produção do pinhão manso.
Brito e Sousa (2013)	Captação: Água para a produção de Alimentos.
Sousa et al., (2013)	Cultivo da cultura do girassol sob técnicas de captação de água <i>in situ</i> no semiárido da Paraíba.
Laime et al., (2014)	Sistemas de captação de água " <i>in situ</i> " sobre crescimento de pinhão manso.
Wanderley et al., (2014)	Trocas gasosas e produção do girassol em sistema de captação água e adubação orgânica.
Wanderley et al., (2014)	Crescimento do girassol sob sistema de captação de água " <i>in situ</i> " e adubação orgânica.
Éder-Silva et al., (2016)	Sistemas de captação de água <i>in situ</i> sobre o crescimento e rendimento do sorgo forrageiro (<i>sorghum bicolor</i> l. moench).
Amorim, et al., (2016)	Adaptação de uma semeadora-adubadora para captação de água " <i>in situ</i> " no semiárido brasileiro.
Amorim, (2017)	Desenvolvimento de mecanismo sulcador associado ao processo de semeadura e características agronômicas em função do método de semeadura e velocidade.

Fonte: Autor, 2020.

De acordo com Anjos et al., (2007) a captação de água da chuva *in situ* pode ser definida como uma forma de preparo do solo para semeadura de culturas, com destaque para o milho, feijão e mandioca. Para Brito et al., (2013) a técnica de captação de água *in situ*, deverá está associada a conservação do solo, no qual, a mesma possa induzir o escoamento superficial da água para a área de semeadura, reduzindo as perdas de água e solo por erosão, e aumentando o tempo de infiltração pelo perfil do solo. Ainda segundo os mesmos autores, existem algumas limitações na condução no preparo do solo com a técnica de captação de água *in situ*, como áreas com presença de tocos e pedras. Além disso, é necessário informações sobre o tamanho da área, tipo de solo, topografia, quantidade e distribuição de chuvas, tipo de culturas, equipamentos a serem utilizados e mão de obra disponível. Dentre os sistemas de captação de água *in situ*, destaca-se: a

aração e semeadura no plano; sulcação pré-semeadura; sulcação pós-semeadura; sulco barrado; sistemas Guimarães Duque e sistema em W.

4.3 Sistemas

Hirakuri et al., (2012) usando uma tipologia baseada em escala geográfica, com o objetivo de organizar, padronizar e ampliar os conceitos de sistemas em contextos agrícolas no Brasil, padronizou as seguintes definições:

a) Sistema de cultivo: definida como práticas comuns de manejos associada a uma determinada espécie vegetal, com o propósito na produção a partir da combinação lógica e ordenada de um conjunto de atividades e operações;

b) Sistema de produção: conjuntos de sistemas de cultivo e/ou de criação no âmbito de uma propriedade rural, os quais são definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão de obra) e interligados por um processo de gestão.

Para tanto, em relação a sua complexidade, os sistemas foram classificados em sistemas de monocultura ou produção agrícola isolada: que acontece quando em uma área a produção vegetal ou animal ocorre em um período específico, normalmente um ano agrícola, de forma isolada; sistema em sucessão de culturas: nesse tipo de sistema acontece quando se tem a repetição sazonal de uma sequência de duas espécies vegetais no mesmo espaço produtivo, por vários anos; sistema de rotação de culturas: nesse sistema acontece à alternância ordenada de diferentes espécies vegetais em um espaço produtivo específico; sistema de consorciação de culturas ou policultivo: ocorre quando duas ou mais culturas ocupam a mesma área agrícola em um mesmo período de tempo (JÚNIOR; COELHO, 2010).

No entanto, os sistemas consorciados podem ser inseridos em sistemas de sucessão ou rotação de culturas; Sistema de integração: acontece quando sistemas de cultivo/criação de diferentes finalidades (agricultura ou lavoura, pecuária e floresta) são integrados entre si, em uma mesma gleba, com o intuito de maximizar o uso da área e dos meios de produção, e ainda diversificar a renda, destacam-se quatro possíveis tipos de sistemas integrados: lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta e lavoura-pecuária-floresta Balbinot Júnior et al., (2009); e por fim, o sistema agrícola, que é a

organização regional de diversos sistemas de produção vegetal e/ou animal considerando as peculiaridades e similaridades desses diferentes sistemas HIRAKURI et al., (2012).

4.4 Sistemas sulco e camalhão

Os sistemas de sulco e camalhão são técnicas de preparo do solo que apresentam como finalidades, o escoamento da água em áreas com problemas de drenagem, e em regiões com poucas precipitações, protegem o solo e facilita a infiltração da água. São técnicas bastante antigas, porém ainda utilizadas (LARA JUNIOR, 2013).

O sistema de plantio com camalhões tem como objetivo proporcionar maior aeração para as raízes com a elevação da parte superior do solo e também melhorar a drenagem, fazendo com que a água seja escoada mais rapidamente, diminuindo o tempo de inundação sofrido pela cultura (MILLAR, 1978).

(MARTINS; NOGUEIRA, 2015) relatam que a captação da água da chuva por meio da técnica de sulco e camalhão são comuns. A qual consiste na modificação da superfície do terreno, de maneira a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, em curva de nível, comumente denominados camalhões que funciona como área de captação de água da chuva.

Nesse sentido, Amorim, (2017) desenvolveu um mecanismo sulcador que acoplado na semeadora-adubadora capaz de realizar a abertura de sulcos e formação do camalhão no processo de semeadura. De acordo com o mesmo autor, a semeadora capaz de realizar o processo de abertura do sulco, formação do camalhão e semeadura em uma operação única, pode ser definida como semeadora de plantio *in situ*. Na figura 1 e 2 abaixo, constam os mecanismos sulcadores (A) e a semeadora em operação (B), bem como, a demonstração dos camalhões e sulcos realizados no processo de semeadura, (2- A, B).

Figura 1- Mecanismo sulcador acoplado no chassi da semeadora adubadora (A), semeadura adubadora camalhoeira em operação no campo (B)



Fonte: Amorim, 2017

Figura 2 - Semeadura em cima do camalhão (A) e semeadura dentro do sulco (B)



Fonte: Amorim, 2017

4.5 Desempenho operacional e energético

O preparo do solo tem por finalidade proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento das culturas Furlani et al., (2005). Assim, entende-se por preparo do solo, o conjunto de operações realizadas antes da semeadura, cujo seu objetivo deverá ser

atendido com o menor número possível de operações, reduzindo assim, o tempo e o consumo de energia necessária para implantação da cultura em campo (EMBRAPA, 2001).

De acordo com Mialhe (1974) é necessário o conhecimento técnico do desempenho operacional de uma máquina agrícola para que se possam racionalizar as operações. Portanto, uma análise operacional permitirá desenvolver técnicas de previsão, planejamento, controle e coordenação das atividades, visando obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis Vale (2011). Na busca de se avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto trator semeadora, variáveis como; velocidade de trabalho, consumo de combustível, capacidade de campo efetiva e patinamento dos rodados são frequentemente mensuradas nas mais diversas situações de campo.

4.5.1 Velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento altera diretamente o desempenho do trator, visto que a mesma aumentará diretamente o consumo de combustível. Silveira et al., (2013) ao avaliarem a demanda energética de um conjunto trator semeadora-adubadora em sistema de plantio direto, em função das velocidades de deslocamento e rotações do eixo do motor, constataram incrementos no consumo horário de combustível quando da variação na velocidade de deslocamento e na rotação do eixo do motor.

Mahl (2002), encontrou em média, 12% de aumento no consumo horário de combustível para cada km h^{-1} de aumento na velocidade de deslocamento, na operação de semeadura. Também encontraram efeito da velocidade de deslocamento sobre o aumento do consumo horário de combustível Oliveira (1997) e Mahl et al., (2005). Para Borsatto (2005) a velocidade foi maior ($6,3 \text{ km h}^{-1}$) quando a semeadora estava equipada com 4 fileiras espaçadas de 0,90 m, comparada com as 7 fileiras de 0,45 m na velocidade de $5,8 \text{ km h}^{-1}$.

Silveira et al., (2012) avaliando a influência da velocidade de operação na cultura do milho, concluíram que a profundidade do sulco é influenciada pela velocidade de operação. Jasper et al., (2015), trabalhando com dois mecanismos sulcadores de adubo (Haste e Disco Duplo) e dois espaçamentos entre fileiras na cultura do milho (0,45 e 0,90 m), observaram menor velocidade de deslocamento no espaçamento entre fileiras de 0,45

m, fato explicado por Cepik (2010), que relata um aumento da força de tração do conjunto motomecanizado, em razão da redução do espaçamento entre fileiras.

4.5.2 Consumo de combustível

Tendo em vista que uma das principais funções dos tratores agrícolas é transformar energia química dos combustíveis em energia mecânica por meio da força produzida na barra de tração, Monteiro et al., (2009), sua quantificação se faz necessária, pois o consumo de combustível em tratores é uma das variáveis que mais elevam os custos nas operações agrícolas. Além do mais, por meio da eficiência energética, poderá servir como subsídio na tomada de decisão dos produtores pra compra de tratores (SILVEIRA, 2010).

De acordo com Gabriel Filho et al., (2010) no processo transmissão de potência do motor até a barra de tração, existem perdas, as quais podem chegar muitas vezes no consumo excessivo de combustível pelo trator. Haja vista, que o consumo de combustível nas operações agrícolas pode variar por vários fatores, como: tipo de solo, condição do solo, tipo de operação, potência do motor, profundidade de trabalho, tipo e condições dos pneus, velocidade de deslocamento e número de operações.

O consumo de combustível pode ser expresso como unidade de volume por unidade de tempo ($L \cdot h^{-1}$), no entanto, essa unidade não contempla a influência da variação de temperatura e potência gerada. Outra forma é unidade de massa por unidade de tempo ($kg \cdot h^{-1}$), porém, essa forma já considera a variação de temperatura, mas não considera a potência gerada. Por fim, pelo fato de considerar a massa e a potência, a forma mais técnica de quantificar o consumo é unidade de massa por unidade de potência ($g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$). (LOPES et al., 2003).

O uso de diferentes mecanismos proporcionam diferenças no consumo horário de combustível. Fato comprovado por Levien et al., (2011), no qual concluíram que o gasto horário com o uso da haste foi maior quando comprada com o mecanismo disco duplo, sendo de $11,34 \text{ l} \cdot h^{-1}$ e $9,87 \text{ l} \cdot h^{-1}$ para a haste e disco, respectivamente. Francetto et al., (2015) também observaram maior consumo de combustível com o uso da haste em relação ao mecanismo disco duplo.

Montanha et al., (2012) comparando o consumo de combustível de um trator agrícola com duas pressões de inflação de pneus em dois tipos de solo diferentes utilizando o equipamento de preparo do solo canteirador para a cultura do algodão irrigado em regiões semiáridas, chegaram a concluir que independente do tipo de solo ocorre redução no consumo horário de combustível no uso da menor pressão de inflação nos pneus 124 Kpa. Já Filho et al., (2010) ao avaliarem o desempenho energético de um trator em três condições de solo em função da velocidade de trabalho, observaram que o aumento da velocidade proporcionou maior consumo de combustível independente da condição de superfície do solo.

Lopes et al., (2019) analisando o desempenho operacional e energético do conjunto trator-escarificador, em função da altura das garras do pneu, do lastro e da superfície de rolamento, concluíram que os pneus desgastados proporcionam menor exigência de força (12,88 kN) e potência na barra (20,06 kW) e maior capacidade de campo efetiva e operacional. Encontraram também, menor consumo específico de combustível em solo mobilizado (534,68 g kWh⁻¹); Já no consumo horário de combustível e o consumo por área não encontraram efeito significativos.

4.5.3 Patinamento

Outra variável que afeta o desempenho operacional e energético dos tratores agrícolas é o patinamento. Sendo definida pela ASAE (1982) como um movimento relativo na direção do movimento entre o elemento que oferece a tração e a superfície durante o deslocamento. A mesma pode ocorrer devido diversos fatores como, o esforço de tração, tipo de superfície, tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado, tipo da banda de rodagem e condições de solo, a declividade do terreno e teor de água do solo (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997).

De acordo com a recomendação da ASAE (1989) para que ocorra a máxima eficiência de tração, a porcentagem de patinamento do rodado motriz deve ser: 8% a 10% em solos não mobilizados, 11% a 13% em solos mobilizados e 14% a 16% em solos soltos ou arenosos. Por outro lado, o excesso de patinamento trará como consequências, a perda da capacidade de tração, desgastes de pneus, aumento no consumo de combustível e interferência na distribuição de sementes.

Trabalhos realizados por Coelho et al., (2012) em um Latossolo Vermelho distroférico típico, constataram maiores índices de deslizamento na operação de semeadura nos sistemas de preparo convencional e plantio direto, superando os obtidos nas operações de aração, gradagem e aplicação de herbicida.

Vale et al., (2011) observaram valores de 10,74 % e 7,18% de patinamento para a semeadura em solo preparado convencionalmente e plantio direto, respectivamente. Tais autores justificam que no plantio convencional o solo encontra-se mais solto, assim a capacidade de aderência do pneu com o solo diminui, acarretando em maior patinamento; já no plantio direto, onde o solo tem sua mobilidade na linha de semeadura favorecendo um solo mais firme, ajuda na aderência do pneu com o solo.

4.5.4 Mobilização do solo

A atuação das ferramentas no solo pode ser mensurada por duas ações, deslocamento vertical do perfil do solo e a sua área mobilizada, sendo necessário o levantamento de três perfis: perfil da superfície natural, superfície de elevação e o perfil interno de mobilização. Onde a área de solo mobilizada consiste na área situada entre o perfil natural e o de fundo do sulco, enquanto a área de elevação está situada entre o perfil original e a superfície do solo após a mobilização. A avaliação da área entre os perfis pode ser determinada por meio de gráficos, utilizado a planimetria ou através de programas computacionais (GAMERO e BENEZ, 1990).

Variáveis como profundidade de trabalho, umidade do solo, tipo de solo, densidade do solo, comprimento e largura da ferramenta, tipo de ferramenta e ângulo de atuação das ferramentas, apresentam interferência direta na área de solo mobilizada pelas ferramentas utilizadas Chen et al., (2013). Para Veiga et al., (2007) a mobilização na linha de semeadura com uso da haste sulcadora favorece a diminuição da resistência do solo a penetração até 12 cm e não há formação de camadas compactadas.

Para Brandelero et al., (2014), as diferentes ferramentas utilizadas na abertura de sulco na linha de semeadura podem diferir na qualidade do processo de semeadura, uma vez que apresentam comportamentos diferentes, bem como, condições diferentes. Assim, Modolo et al., (2012) encontrou valores na área mobilizada de 0,0045 m² para haste e 0,0037 m² para os discos.

Modolo et al., (2013) analisando a área mobilizada de dois mecanismos sulcadores (disco e haste) em Latossolo Vermelho Alumino férrico típico, de textura argilosa obtiveram maior área mobilizada para o sulcador tipo haste sendo atribuído esse resultado a maior profundidade de trabalho.

Nicolau, (2016) trabalhando em solo de textura franco arenoso não encontrou diferenças significativas entre os mecanismos sulcadores para a variável área mobilizada. Santos et al., (2016) trabalhando em solo de textura arenosa também não encontrou diferenças para os mecanismos sulcadores na área mobilizada. Os autores justificaram que os resultados encontrados, podem ter ocorrido pelo fato do solo ser arenoso, e possivelmente está acima da friabilidade, o que permite sua mobilização lateral. Resultados contrários foram obtidos por Mion e Benez (2008), encontrando maior área mobilizada no uso do mecanismo haste.

4.6 Mecanismos sulcadores

No processo de semeadura o ato de distribuir o fertilizante em mistura com as sementes na superfície do solo, poderá acarreta danos na germinação das sementes, bem como estimular o desenvolvimento superficial das raízes (Francetto, 2014). Pensando na resolução dessa problemática várias semeadora-adubadoras utilizam mecanismos sulcadores com o objetivo de depositar no solo e em profundidades adequadas a cada cultura, sementes e fertilizantes, buscando uma boa germinação e desenvolvimentos das plantas (MILAGRES et al., 2015).

De acordo com a (ASAE, 1996) existem diversos mecanismos sulcadores distintos, que podem ser usados em função do preparo e tipo de solo, teor de água, camada compactada em superfície, profundidade de semeadura e grau de mobilização do leito de semeadura desejado.

As hastes são utilizadas em praticamente 80% das semeadoras em operação no Brasil. Também são chamadas popularmente de “facas” ou “facões”, podendo ser de formatos variados (reto, inclinado ou parabólico) possuindo na extremidade, ponteiros, geralmente em forma de "cunha", cuja função é cortar e penetrar no solo. Na sua parte posterior, estão os tubos condutores, geralmente de fertilizante que são depositados a maiores profundidades que as sementes (CEPIK, 2002).

Para Conte (2011) além da deposição de fertilizante a haste tem a função de ampliar a área mobilizada na linha de semeadura, amenizando problemas de compactação ou condição inadequada da estrutura física do solo para o bom desenvolvimento das plantas. Segundo Koakoski et al., (2007), a adoção de mecanismo rompedor de solo tipo facão em semeadoras de plantio direto pode ocasionar aumento de 24,3 % na porosidade do solo, comparativamente à adoção exclusiva de discos.

Já os discos duplos se adaptam melhor em condições difíceis de solo, tais como, raízes, pedras e restos de vegetais na superfície do solo. Fato este explicado pela sua forma de deslocamento, girando sobre o solo, e não, deslizando (Balastreire, 2005). Por outro lado, conforme Fernandes et al., (2005) os discos são os mecanismos que, comparativamente às hastes, causam maior valor de densidade média e máxima do solo na região da semente, dificultando a passagem da água.

Dependendo do tipo de sulcador de adubo utilizado nas semeadoras-adubadoras, este, poderá afetar a área mobilizada do solo, a força de tração, a quantidade de plantas daninhas emergidas na linha de semeadura e a patinagem dos rodados do trator (SCHLOSSER et al.,1999; BEUTLER et al., 2003).

Levien et al., (2011) trabalhando na implantação da cultura do milho com dois tipos de sulcadores (haste e disco), concluíram que haste implica em maior demanda de esforço de tração, patinagem do trator e consumo de combustível por área trabalhada e não influencia o volume de solo mobilizado, a população de plantas e a produtividade de grãos do milho.

Santos et al., (2008) avaliando o desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho, encontraram que o mecanismo tipo haste sulcadora aumenta as exigências de força de tração, o consumo de combustível (horário e específico) e o índice de patinagem em relação ao sistema de abertura de sulcos do tipo discos duplo, porém Mion e Benez (2008) verificaram que a haste promove maior mobilização de solo.

Silva & Benez (2005) observaram que semeadoras-adubadoras equipadas com haste sulcadora, podem demandar 97,4% mais força na barra de tração do que se fossem equipadas com sulcador tipo disco duplo. Palma et al., (2010) avaliando diferentes profundidades de trabalho da haste sulcadora, concluíram que o aumento da profundidade de trabalho da haste sulcadora em solos compactados ocorre o aumento no consumo de combustível, no índice de patinagem e no esforço de tração dos tratores agrícolas.

4.7 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura anual que teve origem nas Américas, com relatos que sua origem tenha sido precisamente no México Duarte et al., (2010). Por pertencer ao grupo de plantas C4, a cultura do milho tem apresentado respostas com elevadas produtividades ao passo que aumenta a quantidade de radiação solar Landau et al., (2010). De acordo com Brachtvogel et al., (2009) dentre os elementos climáticos, a precipitação pluvial, a temperatura do ar e a radiação solar são os elementos que mais têm influência na cultura do milho, pelo fato atuarem diretamente nas atividades fisiológicas, na produção de massa seca e de grãos.

De acordo com Cruz et al., (2012) temperaturas entre 25 e 30 °C são tidas como ideais, já temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 40 °C pode provocar problemas na germinação. Em estágio de floração temperaturas menor que 15,5 °C retardam o desenvolvimento. Já Silva et al., (2010) relata que temperaturas ideais para a cultura do milho fica em torno de 21°C a 27 °C principalmente na emergência da floração e que temperaturas noturnas acima de 24 °C, aumenta a respiração da planta, interferindo na taxa de fotoassimilados e diminuindo a produção. Além de precipitação pluvial acima de 500 mm durante o ciclo (MAPA, 2014).

A produção mundial do milho está concentrada em três países: EUA, China e Brasil (CONAB, 2019). A produtividade média de milho no Brasil chega a aproximadamente (5.368 kg ha⁻¹), estando aquém dos dois maiores produtores mundiais. Para Duarte (2006) essa realidade é ajudada pelo fato das médias de produtividades do milho no Brasil ser obtidas nas mais diferentes regiões, entrelaçando os diferentes sistemas de cultivo e manejo, comprometendo assim, os valores médios satisfatórios obtidos em algumas regiões do país.

As maiores produções de milho no Brasil estão concentradas nas regiões sul, sudeste e Centro-oeste. O milho safrinha recebeu esta denominação em virtude das condições menos favoráveis a disponibilidade hídrica, assim o milho safrinha apresenta menor potencial de produção quando comparado seu cultivo no período de primavera/verão. Na tentativa de resolver ou amenizar tal problemática, recentemente o milho safrinha vem passando por diferentes técnicas de produção, dentre estas técnicas, tem se destacado a utilização de cultivares de soja precoce, capazes de permitir a antecipação da

semeadura do milho em sucessão para épocas de menores riscos climáticos (CRUZ et al., 2013).

A cultura de milho no Brasil, na safra 2018/ 2019, ocupou uma área estimada em 17.495,4 ha⁻¹, 5,3 % maior que a da temporada 2017/2018, tal resultado se deu pela influência das boas condições climáticas que favoreceu uma excelente produtividade média, principalmente na segunda safra. Para está temporada há uma estimativa da maior produção já registrada na história da Conabe, sendo que o somatório das produções, relacionado à primeira e segunda safras, atingiu, neste levantamento, 99.984,1 mil toneladas, representando acréscimo de 23,9% em relação à safra passada (CONAB, 2019).

Na região Nordeste as produtividades do milho são baixas, em torno de 1.349 kg ha⁻¹ de acordo com a CONAB, (2017). Cultivado por pequenos agricultores que utilizam baixo nível tecnológico, pouca quantidade de insumos e à ausência de assistência técnica somada as irregulares precipitações em curto período de tempo podem explicar as baixas produtividades encontradas na referida região (Brito et al., 2014). Entretanto, apesar dos baixos rendimentos, o milho é um cereal tradicional e apresenta aspectos culturais e históricos na referida região (EMBRAPA, 2012).

Outro fator que pode ser considerado um problema na cultura do milho quando não realizado de forma correta é a adubação. Segundo Roberto et al., (2010) o nitrogênio é o nutriente mais limitante na produção das culturas, sendo determinante no rendimento das mesmas, por estar associado ao crescimento e desenvolvimento dos drenos reprodutivos, participando da molécula de clorofila (MARTIN et al., 2011).

Basi (2013) relata que o produtor deve dar atenção na adubação do milho, aplicando 35 a 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura, podendo parcelar o restante em cobertura de acordo com análise do solo, sendo as adubações realizadas entre os estádios de quatro folhas (V4) e de oito folhas (V8) completamente expandidas. No entanto, Fancelli (2010) relata a necessidade de analisar os indicadores de adubação, os quais são: a textura do solo, disponibilidade hídrica e a dose de N.

4.8 Consórcio Milho - forrageira

Frente ao crescimento da demanda por alimentos no mundo, a busca por sistemas de produção agrícola sustentáveis é cada vez mais necessário. Portanto, o

aumento na produção de alimentos deve estar inserido em sistemas de produção que reduzam os impactos ambientais. Nesse sentido, sistemas produtivos como a integração lavoura-pecuários (ILP) é considerado alternativa promissora no âmbito de sistemas sustentáveis (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Entre as modalidades de integração lavoura-pecuária, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais com culturas como o milho, soja, sorgo e arroz Portes et al., (2000). Por definição, o consórcio de culturas é o cultivo de duas ou mais espécies na mesma área Sudo et al., (1998). De acordo com Magalhães et al., (2013) o consórcio de culturas é uma prática agrícola bastante comum em toda região tropical, em especial na região Nordeste praticada por pequenos produtores.

De acordo com Francis (1986), o sistema de consorciação de culturas é uma alternativa que favorece ao produtor assegurar maior estabilidade de produção em sua propriedade agrícola. Pois favorece o uso eficiente da terra com duas ou mais produções, diversifica a dieta alimentar e reduz os riscos da atividade, pois caso uma cultura tenha sua produtividade diminuída, seja por fatores climáticos ou ataques de pragas, as outras ou outra cultura podem compensá-las. Além das vantagens, como: melhor controle de pragas e doenças, otimização da mão de obra e controle da erosão (CARVALHO, 1989).

Ferreira (2000) relata que os sistemas consorciados podem ser de duas formas: Aditivos ou de substituição. No sistema aditivo, ocorre a semeadura de uma das culturas, no mesmo arranjo do monocultivo, sendo a segunda cultura, simultaneamente adicionada, aumentando-se a população de plantas na área. No consórcio de substituição, uma segunda cultura é implantada quando a principal já foi instalada.

A nível nacional, a consorciação de culturas é atividade comum, sendo que nas regiões sul, sudeste e centro oeste o consórcio entre milho e espécies forrageiras se tornou uma alternativa sustentável na recuperação de pastagens degradadas, no qual permitiu o sucesso na implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (Macedo; Araújo, 2012; Moraes et al., 2014). Já na região Nordeste é comum o consórcio entre as culturas de milho e o feijão, sendo não corriqueiro, o consórcio entre milho e forrageiras. No entanto, segundo Chioderoli et al., (2015) a ILP pode ser uma alternativa para a boa convivência no semiárido nordestino.

Segundo Sereia et al., (2012) devido a diferença de crescimento entre forrageiras e milho, essa atividade tornou-se uma boa opção no estabelecimento de pastagens ou de culturas para a cobertura do solo. Assim enquanto o milho é uma planta

com elevada taxa de crescimento na sua fase inicial, a maioria das forrageiras apresentam em sua fase inicial crescimento lento. Portanto, quando realizadas todas as adequações necessárias no manejo das culturas, se torna possível à produção de grãos de milho quase sem competição com a forrageira.

No estabelecimento do consórcio entre as culturas de milho e forrageiras, a semeadura da forrageira pode ser realizada simultânea a cultura do milho ou 10 a 20 dias após a emergência do milho. Pantano (2003) relata que a época de semeadura pode influenciar de maneira negativa na produtividade da cultura principal, sendo necessário aos produtores, o máximo de conhecimento da melhor época de semeadura, evitando assim, insucesso na atividade.

Trabalhos realizado por Chioderoli et al., (2010) encontraram maiores produtividade de grãos de milho quando a semeadura da forrageira aconteceu na época da adubação de cobertura do milho. Já Santos et al., (2017) trabalhando com diferentes configurações de consórcio e época de semeadura com a cultura do milho, não encontraram modificações nas características morfológicas do milho e nem tampouco diminuição na produtividade.

Outro fator que pode interferir na produção das culturas quando em consórcio é a modalidade de semeadura que pode ser a lanço, na linha ou na entrelinha do milho. Pariz et al., (2011) avaliaram o desempenho agrônômico do milho e a produção de palhada de quatro espécies de braquiárias (*U. brizantha* cv. 'Marandu', *U. decumbens*, *U. ruziziensis* e *Urochloa* híbrido cv. 'Mulato II') em duas modalidades de consórcio (semeadura na linha e a lanço) simultaneamente ao milho em sistema de ILP no período de inverno-primavera no Cerrado, encontraram menor produtividade de grãos do milho quando as forrageiras foram estabelecidas no consórcio na modalidade a lanço, com destaque para a *U. ruziziensis*.

Outros pesquisadores verificaram redução da produtividade de grãos do milho em relação ao cultivo exclusivo, em função da espécie forrageira e da modalidade de consórcio, (Costa et al., 2012; Ferreira et al., 2014). Resultados contrários foram observados por Borghi et al., (2013), onde os mesmos encontraram rendimento superior no milho consorciado com *P. maximum* semeado no momento da adubação nitrogenada em cobertura do milho (12,07 t ha⁻¹), seguido por *U. brizantha* (10,9 t ha⁻¹) em semeadura simultânea e (10,04 t ha⁻¹) no cultivo exclusivo do cereal.

No consórcio de culturas as plantas competem por fatores de produção como a água, luz e nutriente. Assim, a competição existente entre as espécies pode inviabilizar o cultivo consorciado Jakelaitis et al., (2004). Nesse sentido, o conhecimento no comportamento das espécies frente aos fatores de produção, se torna de grande valia na produção satisfatória as culturas (BORGHI; CRUSCIOL, 2007).

Em caso de competição das culturas, alguns procedimentos técnicos são utilizados como estratégias de manejo a diminuir a competição entre a cultura anual e a forrageira, tais como, a deposição das sementes das forrageiras misturadas ao fertilizante em maiores profundidades, o uso de herbicidas em subdoses e a semeadura da planta forrageira por ocasião da adubação de cobertura ou após a emergência do milho (KLUTHCOUSKI et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2010; DAN et al., 2011; TSUMANUMA, 2004; JAKELAITIS et al., 2004).

A associação entre as espécies dentro do consórcio é específica e depende das condições intrínsecas de cada região (Quaresma et al., 2010). Fatores como a compatibilidade entre as culturas e fertilidade do solo devem ser analisados com mais critério. Para tanto, uma adubação que atenda as exigências de ambas as culturas em consórcio se faz necessária objetivando a produção satisfatória das culturas. Uma adubação economicamente viável, em que as espécies possam produzir mais ainda não foi esclarecida (COSTA, 2010).

Resende et al., (2008) avaliando interação entre arranjo de plantas de milho, densidade de *B. decumbens* e duas recomendações de adubação concluíram que a adubação adicional proporcionou maiores incrementos na produtividade de grãos da cultura do milho. Ressaltando que o fornecimento de nutrientes em doses mais elevadas pode amenizar eventuais perdas de produtividade do milho, decorrentes de elevada competição interespecífica ou de condições hídricas desfavoráveis.

4.8.1 Consórcio milho forrageira-Massai

De acordo com Pereira et al., (2014) diversas espécies forrageiras são utilizadas na consorciação com o milho, principalmente na produção de palha e forragem para a alimentação animal, se destacando as forrageiras *B. ruziziensis*, *B. decumbens*, *B. brizantha* cvs. Marandu, Piatã e Xaraes, *P. maximum* cv. Mombaça, Tanzânia e Aruana,

entre outras mais recentes como *B. brizantha* cv. BRS Paiaguás, *P. maximum* cvs. Zuri, Massai e Tamani) (SEREIA et al., 2012; MACHADO et al., 2017).

Para Ceccon et al., (2015) quando o objetivo for a formação de pastagens podem ser utilizadas *B. brizantha*, *B. decumbens* e *Panicum maximum*. No entanto, a taxa de semeadura é aumentada, o que acarreta aumento na população de plantas de forrageiras que competirão com a cultura do milho, se fazendo necessário neste caso, o uso de herbicida supressor com o objetivo de diminuir o crescimento inicial das forrageiras e proporcionar produtividade satisfatória do milho.

A forrageira *massai* é um híbrido oriundo do *P. maximum* x *P. infestum*. Que apresenta características como tolerância á queda do teor de P e á acidez do solo, como também, ao déficit hídrico (Almeida et al., 2000; Embrapa, 2001; Brâncio et al., 2003). Além de uma profunda distribuição de raízes no solo, caso observado por Amarala et al., (2012) onde os autores concluíram que o *Panicum maximum* cv. *Massai* permitiu um excelente consorcio com milho e proporcionou uma pastagem vigorosa e de excelente massa foliar, com distribuição muito profunda de raízes no solo.

Na escolha da espécie forrageira para consórcio com a cultura do milho, deve-se levar em consideração o propósito do sistema e o objetivo principal do consórcio, que podem está inserido na alimentação animal com a produção de forragem, palhada para cobertura do solo ou ambos os objetivos (KICHEL, 2018).

Franco Pompeu et al., (2017) avaliando a viabilidade e a produtividade do milho consorciado com o capim-massai para alimentação animal de ovino no semiárido, chegaram a conclusão que é recomendado o cultivo do milho consorciado a forrageira *Massai* para produção de volumoso como silagem no semiárido, pois o mesmo permitiu maior rendimento por área e menor custo de produção.

Silva et al., (2015) objetivando avaliar o consórcio de gramíneas forrageiras com a cultura do milho em condições de semiárido, concluíram que os maiores valores de produtividade de massa foram encontrados no consórcio de milho com a forrageira *Massai*, bem como, que o emprego de 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura na cultura do milho propiciou maior produtividade de grãos e biomassa.

Trabalhos realizados por (Jakelaitis et al., 2010; Pariz et al., 2011), relatam que a forrageira não influencia na produtividade de grãos do milho. No entanto, tais informações ainda são carentes a ponto de avaliar a intensidade com que cada cultura

interfere no crescimento da outra, bem como uma recomendação de adubação que seja capaz de satisfazer cada cultura em consórcio.

4.9 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pela maioria das culturas. Exercendo importante função nos processos bioquímicos da planta, fazendo parte da constituição de proteínas, ácido nucleicos, coenzimas, fitocromos e clorofila (Taiz; Zeiger, 2009). Além do mais, interfere nas taxas de iniciação e expansão foliar, no tamanho final e na senescência das folhas (Schroder et al., 2000). Ademais, estimula o desenvolvimento das raízes o que pode contribuir em aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas (Silveira et al., 2012), apresentando por conseqüências, incrementos na produtividade final das culturas (OHLAND et al., 2005).

O nitrogênio é um nutriente bastante dinâmico no solo, passando por processos físicos, químicos e microbiológicos antes de ser absorvido pelas plantas. Segundo (Fontoura & Bayer, 2006) a complexidade das transformações do N no solo pode provocar a assincronia entre a disponibilidade do nutriente no solo e a necessidade das culturas. Somando-se a essa problemática, Teixeira Filho et al., (2010) relatam que os solos do Brasil não tem capacidade de suprir a demanda total de nitrogênio da planta, fazendo-se necessário o uso de fertilizantes nitrogenados.

A adubação nitrogenada é de suma importância para a cultura do milho, por ser o N o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura, e, principalmente pela dificuldade de avaliar sua disponibilidade no solo, causadas pelas múltiplas reações que o mesmo está sujeito (Cantarella; Duarte, 2004). Assim, considerando a complexidade do nitrogênio no solo, os resultados de experimentos em campo muitas vezes não são consistentes a ponto de globalizar a recomendação dessa prática. No entanto, de acordo com Coelho et al., (2010) o uso de N em cobertura na maioria das vezes incrementa produtividades significativas na cultura do milho.

No Brasil, as recomendações da adubação nitrogenada em cobertura em cultivo de sequeiro para a cultura do milho almejando altas produtividades variam entre 50 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 120 a 150 kg ha⁻¹ para cultivo irrigado, Souza et al., (2003). Sendo uma pequena quantidade fornecida na sementeira e o restante em uma ou mais aplicações

em cobertura (Sousa; Lobato, 2004). Para tanto, a cada dia torna-se mais importante à necessidade de uma adubação que seja mais assertiva, pelo fato do nitrogênio ser requerido em grandes quantidades pelas culturas, pelo seu elevado custo e principalmente, devido à possibilidade de contaminação do ambiente quando aplicado em excesso (HURTADO et al., 2011).

A adubação nitrogenada em cobertura tem sido alvo de diversos estudos no meio literário. De acordo com Hurtado et al., (2010) entre quatro e seis folhas expandidas, define-se parte do potencial produtivo do milho. Dessa forma, se faz necessário a adequada disponibilidade de N nessa fase. Silva et al., (2005) encontram maiores produtividades de grãos quando o N foi aplicado de forma fracionada em V4 e V6. (Bruin; Butzen, 2014) relatam que após o florescimento o milho pode apresentar índices de absorção de até 50%.

A aplicação tardia de parte do N pode trazer vantagens, como a manutenção da área foliar por um período maior de tempo que poderá aumentar a atividade fotossintética da cultura e, por consequência, o rendimento dos grãos Debruin et al., (2013). Sangoi et al., (2019) com a expectativa teórica de que o maior fracionamento da adubação nitrogenada de cobertura, com aplicação de 1/3 da dose total no pendoamento, prolongasse a duração da área foliar, retardando a senescência foliar e aumentando o acúmulo de massa seca nos grãos, não confirmou tal hipótese.

Vários estudos no meio literário elencando adubação para a cultura do milho trazem resultados bastante variados, isso porque, as condições edafoclimáticas no Brasil são bastante diferentes, mudando de uma região para outra. Santos et al., (2013) avaliaram o efeito de doses de N sobre a produtividade e o teor foliar de N na cultura do milho em sistema de plantio direto e em sistema de preparo convencional do solo, concluíram que as máximas produtividades foram alcançadas com as doses de 316 e 340 kg ha⁻¹ de N, quando a cultura foi cultivada em plantio direto e no preparo convencional do solo, respectivamente.

Farinelli e Lemos (2010) avaliando os componentes da produção, produtividade e eficiência agrônômica da cultura do milho em função de doses de nitrogênio em cobertura em sistema de plantio direto e preparo convencional, chegaram a concluir que a máxima produtividade de grãos foi obtida com a estimativa de 92 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Lopes et al., (2017) com o objetivo de avaliar diferentes épocas de aplicação e doses crescentes de N, bem como saber como estas afetam as características agrônômicas e

o rendimento de grãos de milho, concluíram que a adubação nitrogenada promove incrementos na produtividade do milho. Costa et al., (2017) avaliando respostas agronômicas no híbrido BR206 e variedade Al Piratininga em função do parcelamento da adubação nitrogenada em condições de sequeiro no Cariri cearense, concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura em um única aplicação permite melhor desenvolvimento e maior produtividade, sendo indicado o uso da aplicação em dose total do nitrogênio em cobertura entre os estádios V5 e V6.

4.10 Viabilidade econômica

Estudo de viabilidade econômica é uma ferramenta essencial para assessorar na decisão de uma ideia de criação e/ou com um projeto de investimento, em qualquer atividade econômica existente. Este irá permitir analisar a viabilidade do projeto e detectar os ajustamentos necessários ao sucesso do seu empreendimento (FEITOSA, 2018).

Apesar do consórcio entre milho e espécies forrageiras perenes ser bastante difundida a nível nacional, poucos trabalhos elenca a viabilidade econômica desse sistema. Segundo Potter et al., (2000), a maioria dos trabalhos científicos não avalia a viabilidade econômica das tecnologias estudadas, havendo pouca informação sobre seus benefícios na lucratividade dos sistemas de produção.

Garcia et al., (2012) ao avaliarem a cultura do milho consorciada em diferentes modalidades com as forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*, observaram que nenhuma modalidade reduziram a produtividade de grãos em relação ao milho cultivado sem consórcio, e que a *Brachiaria* semeada simultaneamente ao milho proporcionou maior índice de lucratividade.

Peloia & Milan (2010) afirmam que a mecanização agrícola no Brasil representa um fator de grande importância para a competitividade em termos de custo, chegando a ser o segundo fator de produção mais importante, sendo inferior apenas à posse da terra. Em termos de potencial para redução dos custos de produção, a mecanização pode ser considerada como o fator principal.

Balastreire (1990) relata que independente do tamanho da empresa, no sistema capitalista o objetivo da organização é o lucro e que este por sua definição é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando assim, a grande influência dos

custos na lucratividade da empresa. Segundo o mesmo autor, o custo total do uso das máquinas agrícolas, é dado por dois componentes principais: custo fixo e custo operacional ou variável, sendo o primeiro aquele que é contabilizado independentemente do uso da máquina, representado pelos gastos com depreciação, juros, alojamentos e seguro; e o segundo aquele que varia de acordo com o uso, ou seja, os gastos com combustíveis, manutenção, salários e lubrificantes.

Na produção milho grande parte dos gastos está nos custos variáveis. Para produzir milho com alta tecnologia o custo de produção vem crescendo fortemente nos últimos anos, sendo o gasto com insumos o principal fator para tal aumento, impulsionados pela valorização do dólar frente ao real (IMEA, 2017).

Ao analisarem a produtividade de grãos e os resultados econômicos de modalidades do cultivo de milho com forrageiras, na ILP, em sistema plantio direto, Garcia et al., (2012) observaram que o maior gasto com insumos foi com a compra das sementes de milho transgênico (45,88%, em média), seguido das despesas com adubo de plantio (NPK) e de cobertura (ureia) (38,52%, em média). No entanto, os mesmos autores constataram que no consórcio, mesmo com a necessidade de maiores investimentos, a produtividade de grãos resulta em ganhos maiores.

Portanto, considerando que o milho é o cereal mais produzido no Brasil, torna-se fundamental em sistemas complexos como a consorciação de culturas e ILP, o conhecimento dos custos de produção para auxiliar na tomada de decisão quanto a formas de manejo, afim de que o mesmo promova aumento da produtividade, reduza custos e diminua os riscos ambientais.

5. CAPITULO I: DESEMPENHO DE UMA SEMEADORA ADUBADORA CAMALHOEIRA: SISTEMAS DE SEMEADURA E MECANISMOS DE DEPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES

RESUMO

Sistemas de preparo do solo que possibilite a captação de água *in situ* e a semeadura das culturas em uma única operação se torna de bastante valia em condições de regiões semiáridas, pois favorece a conservação do solo, como também, reduz o número de operações e, conseqüentemente os gastos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar o desempenho operacional e energético de uma semeadora adubadora camalhoeira, bem como a profundidade de deposição de semente de milho e fertilizante em função do sistema de semeadura e do uso de mecanismos sulcadores para deposição de fertilizantes (Disco e haste). Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2 com 4 repetições, com seis sistemas de semeadura: (S1 - semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; S2 - semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3 - semeadura do milho em consórcio dentro do sulco; S4 - semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5 - semeadura convencional em consórcio; S6 - semeadura convencional sem consórcio) e dois mecanismos para deposição de fertilizantes (disco duplo desencontrado e haste sulcadora). Os seguintes parâmetros foram avaliados: população inicial de plantas; profundidade de semente e fertilizantes; velocidade de deslocamento; consumo de combustível horário, consumo de combustível operacional, capacidade de campo operacional, patinamento do rodado do trator (%) e área mobilizada. A análise estatística foi realizada com uso do programa SISVAR a 5% de significância. Foi possível concluir que independente do sistema de semeadura e mecanismo usado, não houve diferença na população inicial de plantas e profundidade da semente de milho. No entanto, é necessário maior atenção na profundidade do fertilizante e semente de forrageira quando depositados juntos de maneira momentânea. Os sistemas de semeadura que mobilizam o solo (sulco e camalhão) apresentaram maior consumo energético, assim como o mecanismo haste; O sistema de semeadura S5 apresenta melhor desempenho operacional, juntamente com o mecanismo disco.

Palavras-chave: haste sulcadora, disco duplo desencontrado, camalhão, sulco

ABSTRACT

Soil preparation systems that make it possible to capture water in situ and sow crops in a single operation become very valuable in conditions in semi-arid regions, as it favors soil conservation, as well as reducing the number of operations and, consequently spending. Therefore, the present work aimed to evaluate the operational and energetic performance of a camalhoeira fertilizer sower, as well as the depth of deposition of corn seed and fertilizer depending on the sowing system and the use of furrow mechanisms for fertilizer deposition (Disc and Stem). A randomized block design was used, in a 6 x 2 factorial scheme with 4 replications, with six sowing systems: (S1 - sowing corn intercropped over the ridge; S2 - sowing corn ridge without intercropping; S3 - sowing of intercropped corn within the furrow; S4 - corn intercropping without intercropping; S5 - conventional intercropping; S6 - conventional intercropping without intercropping) and two fertilizer deposition mechanisms (mismatched double disc and furrow). The following parameters were evaluated: initial plant population; seed and fertilizer depth; travel speed; hourly fuel consumption, fuel consumption by area, operational fuel consumption, operational field capacity, tractor wheel slip (%) and mobilized area. Statistical analysis was performed using the SISVAR program at 5% significance. It was possible to conclude that regardless of the sowing place (ridge or furrow) and the mechanism used, there will be no difference in the initial plant population and depth of the corn seed. However, greater attention is needed on the depth of the fertilizer and forage seed when momentarily deposited together. The stem and disc mechanisms do not influence the depth of seeds and fertilizer, nor in the initial plant population; The sowing systems that mobilize the soil (furrow and ridges) have higher energy consumption, as well as the stem mechanism; The S5 seeding system presents better operational performance, together with the disk mechanism.

Key words: furrower stem, mismatched double disc, ridge, groove.

5.1 Introdução

O preparo do solo é um conjunto de operações que tem por finalidade permitir condições adequadas para deposição de sementes e fertilizante em profundidades específica que permita uma boa germinação das sementes, bem como o crescimento e desenvolvimento das culturas (TAVARES et al., 2012).

A região do Semiárido Brasileiro apresenta precipitações irregulares e altas taxas de evapotranspiração que associados ao crescimento acelerado da população aumentam o déficit hídrico sempre presente nessas regiões Kampf et al., (2016). Assim, tecnologias como a consorciação de culturas e sistemas de preparo do solo para captação de água de chuva *in situ* são alternativas que podem ser usadas com a finalidade de reduzir os riscos da exploração agrícola nessas regiões (SILVA; PORTO, 1989; ANJOS et al., 2000). Tendo em vista que a consorciação de culturas poderá auxiliar no controle de plantas daninhas, bem como, promover a cobertura do solo, favorecer a ciclagem de nutrientes e aumentar a infiltração de água no solo (HERNANI *et al.*, 2013), além de melhorar as características físicas do solo (SANTOS *et al.*, 2018) e promover a sustentabilidade da atividade agrícola (CORTEZ *et al.*, 2016).

Os sistemas de semeadura em sulco e camalhão consistem na modificação da superfície do terreno, de maneira a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos em curva de nível, comumente denominados camalhões que funciona como área de captação de água da chuva (MARTINS; NOGUEIRA, 2015).

No entanto, nos sistemas de preparo do solo para captação de água *in situ* a semeadura é realizada em momento distinto ao preparo, o que acarreta em duas ou mais operações no processo de semeadura. Nesse sentido, a utilização de maquinários que permita ao mesmo tempo o preparo do solo para captação da água da chuva *in situ* e a semeadura das culturas em consórcio, juntamente com o fertilizante, é uma alternativa promissora, pois reduz o número de operações e, conseqüentemente os gastos com operações agrícolas no campo.

A semeadura em campo é uma das etapas mais exigentes em perfeição (Almeida et al., 2010), contribuindo no sucesso do sistema produtivo (Macedo et al., 2016). Diversos fatores podem influenciar nas operações com máquinas agrícolas, o uso de mecanismos (disco ou haste) é um deles, e no processo de semeadura, a haste apresenta maiores capacidades de penetração em relação aos discos duplos (Modolo et al., 2013;

Sousa et al., 2019), tendo em vista que com aumento da profundidade, prevê-se que ocorrerá maior exigência na força de tração, aumento no consumo de combustível e potência exigida pelo trator. Levien et al., (2011) trabalhando na implantação da cultura do milho com dois tipos de sulcadores (haste e disco), concluíram que a haste implica em maior demanda de esforço de tração, patinação do trator e consumo de combustível.

Considerando as características de baixa precipitação e alta evapotranspiração das regiões semiáridas, se torna de suma importância o estudo do desempenho do conjunto trator semeadora adubadora camalhoira capaz de realizar o preparo do solo para captação de água *in situ* e ao mesmo tempo realizar o processo de semeadura das culturas em campo. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho operacional e energético de uma semeadora adubadora camalhoira em função de diferentes sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores (Disco e haste) para deposição de fertilizantes, bem como a profundidade de deposição de sementes (milho e forrageira) e fertilizantes.

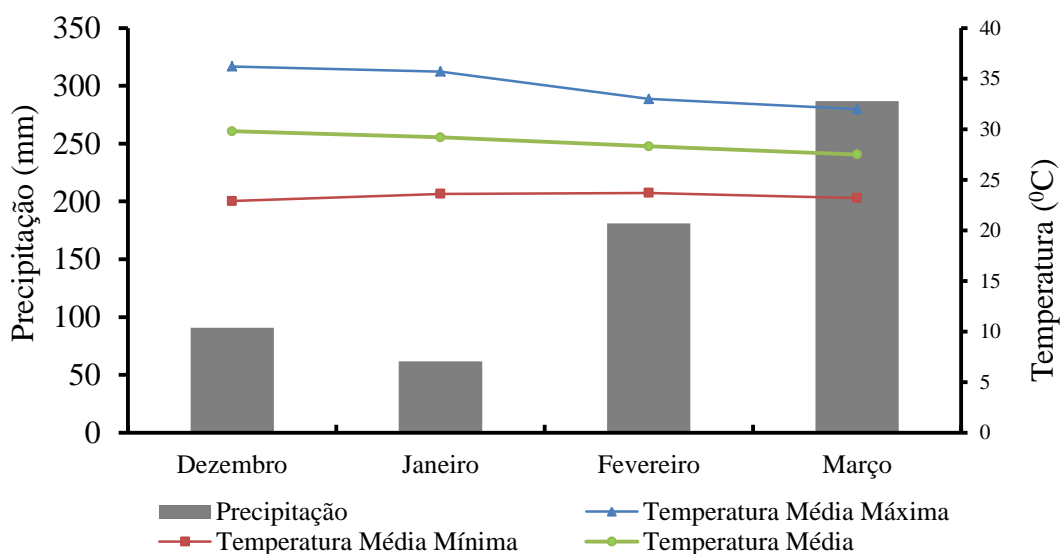
5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área experimental

O estudo foi conduzido na área experimental da fazenda Vale do Curu em Pentecoste - CE, pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), a 120 km de Fortaleza. Com área total de 823 hectares, a fazenda está situada nas coordenadas geográficas latitude 3°49' S e longitude 39°20' e a 46 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado com Planossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2013).

O clima da região segundo Köppen, é do tipo BSw'h', com chuvas irregulares, e média anual de 806,5 mm de precipitação concentrada nos meses de janeiro a abril, temperatura média de 28 °C e umidade relativa média do ar de 73,8%. (Alvares et al., 2014). Na figura 3 encontram-se os dados de temperatura (média, mínima e máxima) e de precipitação referente ao período de condução do experimento em campo.

Figura 3 - Dados meteorológicos referente ao período de condução do experimento (Dezembro de 2018 a março de 2019).



Nos cinco anos anteriores à realização do experimento (2013 a 2018), foram cultivadas as culturas do milho, Sorgo e capim Mombaça de forma rotacionada na área experimental com a finalidade de alimentar os animais da fazenda. Então, no período do inverno a área era ocupada pelas culturas, e no período da seca, eram colocados animais (ovinos) para se alimentarem diretamente da cultura no campo.

5.2.2 Caracterização da área experimental

5.2.2.1 Análise física e química do solo

Antes da implantação do experimento foram realizadas coletas de amostras simples de solo para caracterização física (Tabela 2) e química (Tabela 3). As amostras físicas do solo foram determinadas no laboratório de Física do solo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, localizado no Departamento de Solo na Universidade Federal do Ceará seguindo a metodologia de Teixeira et al., (2017). Já a análise química foi determinada no laboratório ARASOLO, localizado na rua Brigadeiro Faria Lima – Araçatuba – SP.

Tabela 2 - Características físicas da área experimental nas profundidades de 0,00 - 0, 20 e 0,20 - 0,40 m

Atributos do solo	Profundidades (m)	
	0,00 - 0, 20	0,20 - 0,40
Areia grossa (g kg^{-1})	24	17
Areia fina (g kg^{-1})	514	517
Silte (g kg^{-1})	299	301
Argila (g kg^{-1})	163	165
Argila natural	142	120
Classe textural	Franco Arenoso	Franco Arenosa
Densidade Global (g/cm^3)	1,27	1,38
Densidade Partícula (g/cm^3)	2,59	2,68

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2018)

Tabela 3 - Características químicas da área experimental nas profundidades de 0,00 - 0,20 e 0,20 - 0,40

<i>Prof. (m)</i>	<i>P</i>	<i>pH</i>	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	SB	T	V	m	MO
	mg/dm ³	(CaCl ₂)				mmol/dm ³				(%)	(%)	(g/dm ³)
0,00 - 0,20	13	5,8	30	21	3,5	16	<1	54,5	70,5	77	0	17

Legenda: SB – somas de bases; T – capacidade de troca cátions; V – saturação de bases; m – saturação de alumínio.

5.2.2.2 Aração e gradagem da área experimental

Na operação de aração e gradagem foi utilizado como fonte de potência o trator agrícola VALTRA[®] 4x2 (TDA), modelo BM 125i Intercooler com potência de 91,9 kW (125 cv). Foi utilizado o arado de disco fixo montado, tricorpo com disco de 0,60 m de diâmetro e a grade de dupla ação off-set (V), classificada como grade média da marca Baldan[®], com 2 seções de 8 discos recortados por seção, diâmetro dos discos 24'' (polegadas) e espaçamento entre discos de 0,23 m. A mesma foi acoplada na barra de tração do trator, com rodados para transporte e controle de profundidade de trabalho movimentado por pistão hidráulico acionado pelo sistema de controle remoto do trator.

5.2.2.3 Resistência Mecânica do Solo à penetração (RMSP) e Teor de água do solo (TA)

Momentos antes de início da realização do experimento em campo, foram realizadas avaliações de resistência Mecânica do Solo à penetração (RMSP) com auxílio do penetrômetro de impacto da marca SONDATERRA[®] e modelo PI-60, e simultaneamente à mensuração da RP, foram coletadas amostras de solo utilizando trado holandês nas profundidades de 0,00 - 0,30 m em quatro pontos amostrais por tratamento para determinação do teor de água no solo (Tabela 4). O teor de água foi estimado pelo método gravimétrico (método padrão de estufa), em função da relação entre a massa de água e a massa de solo seco em estufa a 105°C (EMBRAPA, 2011).

Tabela 4 – Valores médios da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e teor de água no solo (TAS) na profundidade 0,00 - 0,30 m dentro de cada tratamento

Tratamentos	RMSP (Kpa)	TAS (%)
S1D	1220	19
S1H	1920	16
S2D	2200	18
S2H	2145	15
S3D	1345	21
S3H	1218	24
S4D	1345	20
S4H	1287	21
S5D	1863	14
S5H	1345	16
S6D	1262	20
S6H	1763	20

Legenda: RMSP - Resistencia mecânica do solo à penetração; TAS - Teor de água no solo; Kpa – Quilopascal; S1D – sistema consorciado em cima do camalhão com uso do disco; S1H - sistema consorciado em cima do camalhão com uso da haste; S2H - sistema sem consórcio em cima do camalhão com uso do disco; S2H - sistema sem consórcio em cima do camalhão com uso da haste; S3D - sistema consorciado dentro do sulco com uso do disco; S3H - sistema consorciado dentro do sulco com uso da haste; S4D - sistema sem consórcio dentro do sulco com uso do disco; S4H – sistema sem consórcio dentro do sulco com uso da haste; S5D – sistema convencional consorciado com uso do disco; S5H - sistema convencional consorciado com uso da haste; S6D – sistema convencional sem consorcio com uso do disco e S6H – sistema sem consorcio com uso da haste.

5.2.2.4 Porosidade e densidade do solo

Para determinação da porosidade (macro, micro e porosidade total) e densidade do solo, foram coletadas amostras de solo indeformadas através da introdução de anéis metálicos nas camadas de 0,0 - 0,15 e 0,15 - 0,30 m de profundidade. Após as coletas das amostras, as mesmas foram levadas ao laboratório para que fosse realizada sua quantificação seguindo o método da mesa de tensão (Donagema et al., 2011).

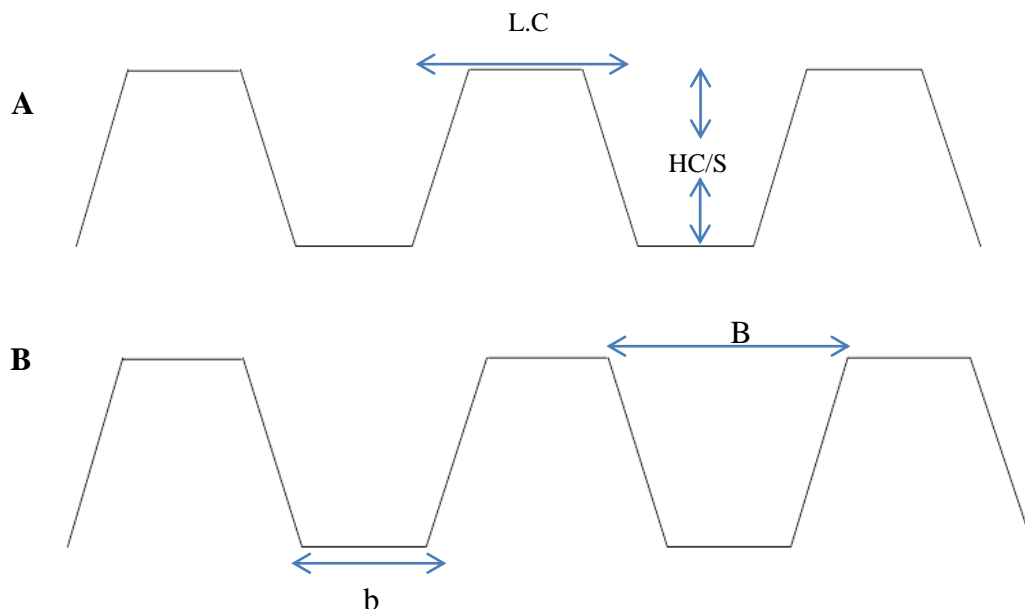
Tabela 5 - Dados de espaço poroso e densidade do solo

Profundidades (m)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,0 – 0,15	0,12	0,33	0,45	1,48
0,15 – 0,30	0,09	0,34	0,43	1,55

5.2.3 Profundidade do sulco e altura do camalhão

Antes de realizar o processo de formação de sulco e camalhão para a semeadura das culturas em campo, foram realizados testes a fim de padronizar uma medida teórica pra realização do experimento. Para isso, fez-se necessário o uso de trena e régua. A largura do camalhão foi medida da extremidade de um sulco ao outro. Já a profundidade do sulco e camalhão (figura 4A) foram determinadas pela distância do fundo do sulco até a altura máxima do camalhão. Já as larguras da base maior e menor foram obtidas pela distância entre as laterais do topo e de fundo dos camalhões, respectivamente (figura 4B).

Figura 4 - Largura do camalhão (LC), altura do camalhão e sulco (HC/S), base menor (b) e base maior (B).



Fonte, Autor 2020

Na tabela 6 abaixo consta os valores dos parâmetros (profundidade do sulco, altura do camalhão, largura da base menor e maior) para a semeadura em cima do camalhão e dentro do sulco para os testes realizados em campo antes da condução do experimento.

Tabela 6 - Valores médios da altura e largura do camalhão e sulcos realizados em testes de campo

Parâmetros	Semeadura em cima do Camalhão (cm)	Semeadura dentro do Sulco (cm)
Profundidade do sulco	12	16
Altura do camalhão	12	16
Largura da base menor	13	13
Largura da base maior	18	18

Fonte: Autor

5.2.4 Processo de formação do camalhão e sulcos

Na abertura do sulco e formação de camalhão para posterior semeadura das culturas, foram utilizados sulcadores (figura 5A). Na fixação do sulcador ao chassi da semeadora foi usado uma haste de geometria cilíndrica reta com diâmetro de 5 cm e comprimento de 90 cm. A mesma foi fixada no chassi da semeadora por meio de um componente já existente na semeadora onde era fixada a estrutura do disco de corte permitindo a regulagem de atuação do sulcador no sentido vertical (figura 5B).

Figura 5 - Sulcador responsável pela formação do sulco e camalhão (A) e a haste de fixação (B)



Fonte: Autor, 2020.

Figura 6 - Mecanismos: disco (A) e haste (B)



Fonte: Autor, 2020.

5.2.5 Processo de semeadura

No dia 11/12/18 foi realizado a semeadura das culturas no campo de forma mecânica. Para tanto, foi utilizado o trator agrícola VALTRA[®] 4x2 (TDA), modelo BM 125i Intercooler, com potência de 91,9 kW (125 cv) no motor no qual trabalhou na rotação de 2.000 rpm na marcha L4, com tração dianteira auxiliar (TDA) ligada.

O trator foi preparado para atividade média, com massa total de 6.270 kg (40% dianteira e 60% traseira) calculada para realizar operações médias, com relação peso potência de 52,25 kg/cv. O mesmo estava equipado com pneus diagonais no eixo dianteiro de 14.9-24 R1, com pressão de inflação de 26 psi (179 kPa), no eixo traseiro de 23.1-30 R1, com pressão de inflação de 30 psi (206 kPa).

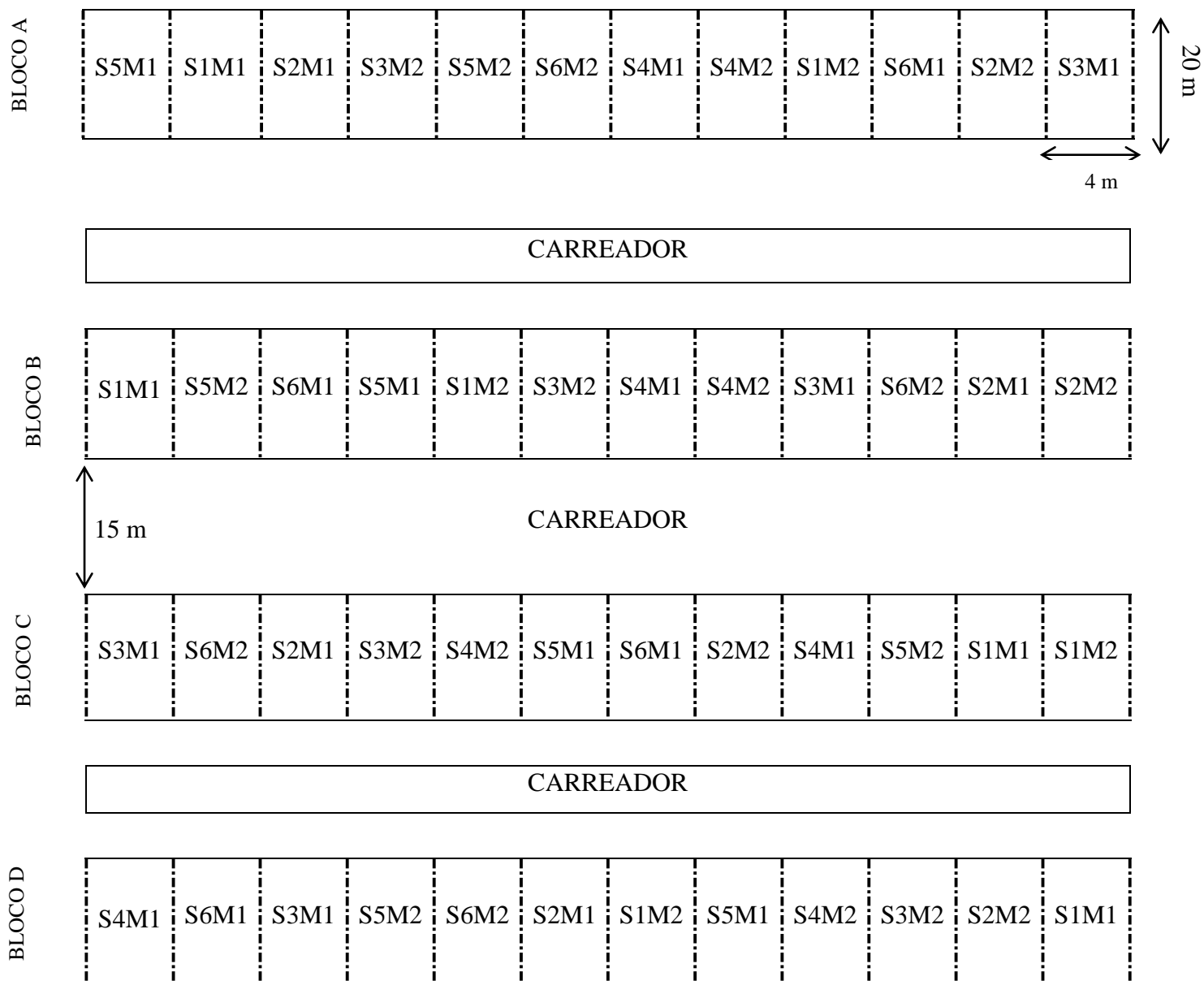
A semeadora adubadora de precisão pneumática utilizada foi da marca Jumil, modelo JM2090 PD, peso aproximado de 1.160 kg, montada, configurada com 3 linhas, espaçadas por 0,80 m, com capacidade máxima de 39 L nos depósitos de adubo e semente, haste sulcadora ou disco duplo desencontrado para deposição de fertilizante e disco duplo desencontrado para deposição de sementes e com disco vertical pneumático de dosagem de sementes (figura 6 em anexo).

5.2.6 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso no esquema fatorial (6x2), com 4 repetições, sendo seis sistemas de semeadura (S1: semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; S2: Semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3: semeadura do milho em consórcio dentro do sulco; S4: semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5: semeadura convencional em consórcio; S6: semeadura convencional sem consórcio) e dois mecanismos (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste).

5.2.7 Parcelas experimentais:

Cada parcela experimental ocupou uma área de 80 m² (20 x 4 m) e um espaço de 15 m foi reservado na direção longitudinal entre as parcelas para manobras e estabilização do conjunto trator-semeadora adubadora camalhoeira conforme figura 7 abaixo.

Figura 7 - Disposição dos tratamentos na área experimental

Legenda: **S1:** semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; **S2:** semeadura do milho em camalhão sem consórcio; **S3:** semeadura do milho em consórcio dentro do sulco; **S4:** semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; **S5:** semeadura convencional em consórcio; **S6:** semeadura convencional sem consórcio; **M1** - mecanismo disco e **M2** – mecanismo haste.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: população inicial de plantas; profundidade de semente e fertilizante; velocidade de deslocamento (Km/h^{-1}); consumo de combustível horário (L h^{-1}), consumo de combustível operacional (L ha^{-1}), capacidade de campo operacional (ha h^{-1}), patinamento do rodado do trator (%) e área mobilizada (m^2).

- População inicial do milho

A população inicial de plantas foi determinada 10 dias após a semeadura, a partir da contagem do número de plantas presente em 10 metros da linha central de cada parcela experimental. Os valores encontrados foram extrapolados para número de plantas ha^{-1} .

- Profundidade de semente e fertilizante

Na deposição de semente e fertilizante foram utilizados os mecanismos hastes e discos (7A/B em anexo) ambos depositaram as sementes de milho e o fertilizante nas profundidades teóricas de 4 e 7 cm, respectivamente. A haste trabalhou com ângulo de ataque de aproximadamente 20° e o disco com um diâmetro de 14 polegadas. As profundidades de deposição das sementes e do adubo foram realizadas com auxílio de régua com escala em centímetro.

- Velocidade de deslocamento

A velocidade média de deslocamento foi calculada cronometrando-se o tempo necessário para o conjunto trator-semeadora adubadora camalhoeira percorrer cada parcela e os valores de velocidade foi expresso como descrito na Equação 1. Para cronometragem do tempo foi utilizado um cronômetro digital acionado e desligado de acordo com a passagem do rodado dianteiro do trator lateralmente nas estacas que delimitavam as parcelas.

$$Vm = \frac{S}{T} * 3,6 \dots \dots \dots 1$$

Onde,

Vm = velocidade média (Km/h^{-1});

S = Espaçamento percorrido (m);

T = Tempo transcorrido (s)

- Capacidade de campo operacional

Foi obtida pela multiplicação entre a largura de trabalho da semeadora, da velocidade de deslocamento, do fator de conversão de unidade e da eficiência de 75% da capacidade de campo efetiva, segundo recomendações da ASAE (1997), equação 2.

$$CCO = LT \times V \times 0,36 \times 0,75 \dots \dots \dots 2$$

Onde,

CCO = capacidade de campo operacional (ha h⁻¹);

LT = largura trabalho do equipamento (m);

V = velocidade real de deslocamento (m s⁻¹);

0,36 = fator de conversão de unidade;

0,75 = eficiência de campo do equipamento.

- Consumo horário

Na medição do consumo de combustível foi utilizado dois medidores de fluxo com precisão de 0,01 ml instalados em série na entrada e no retorno da bomba injetora que quantificou o volume de combustível em ml consumido pelo trator durante o percurso, calculado de acordo com a Equação 3.

$$C_H = \left(\frac{q}{t}\right) \times 3,6 \dots \dots \dots 3$$

Onde,

C_H: é o consumo horário de combustível (L h⁻¹);

q: é o volume consumido na parcela (ml);

t é o tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 é o fator de conversão de unidade.

- Consumo operacional

Foi obtido pela razão entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo operacional, conforme equação 4 abaixo.

$$C_o = \frac{C_H}{CCO} \dots\dots\dots 4$$

Onde,

C_o = Consumo operacional ($L ha^{-1}$);

C_H = Consumo horário ($L h^{-1}$);

CCO = Capacidade de campo operacional ($ha h^{-1}$);

- Patinamento do rodado do trator

O patinamento foi obtido contando-se o número de voltas do rodado do trator na parcela experimental tracionando a semeadora (com carga) e com a semeadora erguida (sem carga). Essa contagem foi realizada por filmagens utilizando-se de câmeras digital quando o pneu dianteiro do trator passava lateralmente o início de parcela e encerando-se os vídeos nas estacas que delimitaram o final de cada parcela, calculado conforme Equação 5.

$$PR = \left(\frac{N1 - N0}{N0} \right) * 100 \dots\dots\dots 5$$

Onde,

PR = Patinamento dos rodados do trator (%);

$N0$ = Número de voltas dos rodados sem carga;

$N1$ = Número de voltas dos rodados com carga.

- Área mobilizada

Na determinação da área de solo mobilizada foi utilizado um perfilômetro de madeira com 20 varetas metálicas, espaçadas a 0,005 m, com suporte de 3 m de largura e 1 m de altura com base vertical para fixação de papel milimetrado com folhas de papel de tamanho 0,40 x 0,60 m. A área mobilizada consiste na área situada entre o perfil do solo antes do preparo e o perfil de fundo de sulco após o preparo (GAMERO; BENEZ 1990).

5.2.8 Análise estatística

Inicialmente os dados foram submetidos a uma análise descritiva, sendo os valores de simetria e curtose utilizados na verificação da normalidade dos dados (em anexo). Procedendo tal, foi realizada a análise de variância sendo os dados submetidos ao teste F e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com uso do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

5.3 Resultados e discussão

Não foi observada diferença para a profundidade da semente de milho e população inicial de plantas, nem tampouco interação dos fatores para estas variáveis (Tabela 7). Tais resultados podem ser explicados pela baixa velocidade teórica de deslocamento ($4,5 \text{ km h}^{-1}$) utilizado no presente trabalho, pois Macedo et al., (2016) trabalhando com diferentes velocidades, encontraram melhor qualidade de semeadura quando trabalhando na menor velocidade ($4,7 \text{ km h}^{-1}$).

A semelhança na profundidade da semente de milho e população inicial de plantas é um forte indicativo de uma adequada regulação da semeadora. Esses resultados devem ser considerados, pois são variáveis que interferem diretamente na produção das culturas. Assim, a não diferença na profundidade da semente de milho, pressupõe a hipótese de que a mesma apresentou uma boa germinação, e conseqüentemente não interferiu na população inicial de plantas por hectare. No entanto, observa-se diferença para a profundidade do fertilizante e semente de forrageira (PFSF).

Tabela 7 - Valores médios obtidos para profundidade da semente de milho (PSM), profundidade do fertilizante e semente de forrageira (PFSF) e população inicial de plantas

Fontes de Variação		PSM (cm)	PFSF (cm)	População inicial de plantas (Pla/ha ⁻¹)
Sistemas (s)	S1	4,27	6,12 b	68.750
	S2	3,83	6,06 b	68.750
	S3	4,26	7,26 a	68.906
	S4	4,21	6,73 b	69.531
	S5	3,65	6,26 b	68.593
	S6	3,58	6,17 b	68.593
Mecanismos (M)	M1	3,90	6,35	68.541
	M2	4,03	6,52	69.166
Valor de F	S	3,21ns	3,02*	0,56ns
	M	0,74ns	0,56ns	2,67ns
	S*M	0,42ns	1,99ns	0,35ns
DMS	S	0,75	1,15	2001,45
	M	0,29	0,44	777,36
CV (%)		12,60	11,89	1,92

*($p < 0,05$); NS (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); S- Sistemas de semeadura; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; M - Mecanismo; M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; DMS - diferença mínima significativa; CV – Coeficiente de variação.

A profundidade do fertilizante e semente de forrageira (PFSS) apresentaram maiores valores quando semeada no sulco com consórcio (S3). Uma provável explicação para esse resultado pode está relacionado ao maior teor de água encontrado dentro do referido tratamento no momento da semeadura, assim como a menor resistência mecânica do solo a penetração – RMSP (Tabela 4) em função da diminuição das forças de coesão entre as partículas do solo e o aumento do efeito lubrificante da água, ocasionando comportamento inverso entre o teor de água e a resistência mecânica do solo a penetração (Souza et al., 2014; Valente et al., 2019), (Tabela 7).

A patinagem apresentou diferença, porém não apresentou interação entre os fatores (sistemas x mecanismos) tratamentos (Tabela 8). Os sistemas de semeadura, S1, S2, S3 e S4 apresentaram maiores médias de patinagem, e os sistemas sem mobilização de solo, S5 e S6 (natural) apresentaram menores médias. Esses resultados podem ser explicados pelo fato da mobilização do solo ser inerente aos sistemas de semeadura S1, S2, S3 e S4, com isso, à medida que acontecia à mobilização do solo, aumentava-se a força de resistência contrária ao deslocamento, exigência tratória, bem como, a probabilidade de patinamento.

Tabela 8 - Valores médios obtidos para Velocidade (V), Patinagem do trator (PAT) e capacidade de campo operacional (CCO)

Fontes de Variação		V (Km h ⁻¹)	PAT (%)	CCO (ha/h ⁻¹)
Sistemas (S)	S1	4,43	11,07 a	1,14
	S2	4,47	9,35 ab	1,15
	S3	4,17	10,63 a	1,07
	S4	4,13	10,36 a	1,06
	S5	4,38	7,02b	1,12
	S6	4,33	6,40b	1,11
Mecanismos (M)	M1	4,47	8,86	1,10
	M2	4,35	9,42	1,11
Valor de F	S	5,94 [*]	7,31 [*]	5,47 [*]
	M	1,40 ^{NS}	0,86 ^{NS}	1,36 ^{NS}
	S*M	2,83 [*]	0,57 ^{NS}	2,97 [*]
DMS	S	0,24	3,12	0,06
	M	0,09	1,21	0,02
CV (%)		3,78	22,58	3,90

*(p<0,05); NS (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); S- Sistemas de semeadura; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; M - Mecanismo; M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; DMS - diferença mínima significativa; CV – Coeficiente de variação.

Apesar dos maiores valores de patinamento encontrado nos sistemas de semeadura com mobilização de solo (S1, S2, S3 e S4), os mesmos se encontram dentro do intervalo recomendado pela ASAE (1989), onde a patinagem adequada para solos mobilizados está entre 11 a 13%. Resultados semelhantes foram encontrados por Amorim (2017). Resultados contrários foram obtidos por Cortez et al., (2009), onde os pesquisadores não verificaram diferença estatística entre os percentuais de patinagem nos rodados do trator.

Houve interação entre os sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores para a variável velocidade de deslocamento com o desdobramento apresentado na (Tabela 9). Os sistemas de semeadura S3 e S4 tiveram as menores médias de velocidades quando se fez o uso do mecanismo disco. O que pode estar relacionado à maior resistência ao deslocamento em função da movimentação de solo dentro do sulco de semeadura para esses sistemas. Por outro lado, analisando o fator mecanismo, a haste foi superior ao disco trabalhando nos sistemas de semeadura, S3 e S4. Porém, em S5, o mecanismo disco teve melhor performance.

Tabela 9 - Valores médios obtidos do desdobramento dos mecanismos sulcadores dentro dos locais de semeadura para a variável velocidade de deslocamento

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	4,39a	4,48
S2	4,48a	4,47
S3	4,03 bB	4,31 A
S4	4,01bB	4,26 A
S5	4,50 aA	4,26 B
S6	4,35a	4,31
Teste F		
S X M	7,14(p<0,01)	
M X S	3,70(p<0,01)	
DMS (S)	0,34	
DMS (M)	0,23	

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa.

As maiores velocidades encontradas com uso do mecanismo haste nos sistemas (S3 e S4), podem ser explicadas pela tendência de atuação do referido mecanismo em atuar

na superfície, pois de acordo com Silveira et al., (2011) o mecanismo haste tende se aproximar da superfície em velocidades mais altas, e que as possíveis causas para esse comportamento, seriam, a resistência a penetração, umidade do solo e rugosidade.

Analisando o desdobramento para a variável capacidade de campo operacional (CCO) tabela 10. Foram encontrados resultados semelhantes a variável velocidade de deslocamento aos fatores sistemas de semeadura e mecanismos. De acordo com Queiroz et al., (2017) A CCO é dependente da velocidade de deslocamento, assim, em condições de maior velocidade real, tem-se maior CCO e um menor consumo por hectare. Esses resultados corroboram com Furlani et al., (2008), onde os autores verificaram aumento da CCO com o aumento da velocidade de deslocamento.

Tabela 10 - Valores médios obtidos do desdobramento dos mecanismos sulcadores dentro dos sistemas de semeadura para a variável capacidade de campo operacional (CCO)

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	1,12	1,15
S2	1,15	1,15
S3	1,03 bB	1,11A
S4	1,03bB	1,09 A
S5	1,16 A	1,09B
S6	1,11	1,10
Teste F		
S X M	6,92(p<0,01)	
M X S	0,66NS	
DMS (S)	0,09	
DMS (M)	0,06	

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6-Semeadura convencional sem consórcio; DMS-diferença mínima significativa.

De acordo com a tabela 11 foi verificado em relação aos sistemas de semeadura que, S1, S2, S3 e S4 apresentaram maiores médias para o consumo horário (CH), consumo por área (CA) e consumo operacional (CO), enquanto que no sistema S6 foi encontrada a menor média. Esses resultados podem ser explicados pelo fato dos sistemas (S1, S2, S3 e S4) apresentarem em comum a mobilização do solo para formação do camalhão e abertura do sulco no processo de semeadura. Além do mais, os referidos sistemas também apresentaram maior área de solo mobilizado. Haja vista que a

mobilização de solo é uma variável que poderá demandar maior esforço tratorio e, conseqüentemente, maior demanda energética. Toledo et al., (2010) encontraram uma relação diretamente proporcional entre o consumo de combustível e a força de tração de uma semeadora adubadora. Os resultados do presente trabalho confirmam aqueles obtidos por (Amorim, 2017), ao analisar o consumo de combustível em dentro do sulco e em cima do camalhão comparado ao natural (sem mobilização).

Analisando o fator mecanismo no consumo energético da semeadora adubadora camalhoeira, a haste (M2) é superior ao mecanismo disco (M1) em todos os consumos (CH e CO), bem como na área mobilizada de solo (AM), tabela 11. Resultados estes que podem estar diretamente relacionado à profundidade de atuação da haste, mobilizando maior quantidade de solo e aumentando o consumo energético na operação.

Tabela 11 - Valores médios obtidos para consumo horário (CH), consumo operacional (CO) e área mobilizada (AM).

Fontes de Variação		CH (L/H)	CO (L/ha ⁻¹)	AM (m ²)
Sistemas (S)	S1	12,25 a	10,78 a	0,05 a
	S2	12,45 a	10,84 a	0,06 a
	S3	12,11 a	11,28 a	0,05ab
	S4	11,63ba	10,96 a	0,06 a
	S5	10,75bc	9,54 b	0,01 c
	S6	10,62c	9,56 b	0,01 c
Mecanismos (M)	M1	11,31 b	10,27 b	0,03 b
	M2	11,96 a	10,71 a	0,04 a
Valor de F	S	12,69*	12,82*	18,20*
	M	13,37*	6,53*	19,55*
	S*M	1,94 ^{NS}	0,15 ^{NS}	1,3 ^{NS}
DMS	S	0,94	0,89	0,02
	M	0,36	0,34	0,007
CV (%)		5,35	5,65	33,30

*(p<0,05); NS (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); S- Sistemas de semeadura; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; M - Mecanismo; M1 – mecanismo disco; M2 – mecanismo haste; DMS - diferença mínima significativa; CV – Coeficiente de variação.

Franceto et al., (2016) avaliando a força de tração e potência demandada por mecanismos de corte e sulcadores de semeadora-adubadora, encontrou uma demanda média de tração para a haste de 22,28 % superior ao mecanismo disco. Os autores explicam que tais resultados devem-se ao projeto da haste, que visa quebrar camadas

compactadas de solo, trabalhando a uma maior profundidade em relação aos discos, o que favorece uma maior demanda de energia para vencer o atrito entre a ferramenta e o solo, ao contrário dos discos duplos, que apenas abrem o sulco através do corte.

Concordando com Cepik, (2005) que o esforço de tração da haste sulcadora cresce linearmente com a profundidade, Francetto et al., (2016) encontrou aumento de 32,10% de solo mobilizado quando do uso da haste comparado ao mecanismo disco, os autores atribuíram tal resultado a maior profundidade de trabalho do mecanismo haste. Fato que pode culminar em maior força de tração, Francetto et al., (2015). Esses resultados também foram encontrados por Koakoski et al., (2007) e Mion et al. (2009); segundo os autores tais resultados estão relacionados com o fato de que o abridor de sulco tipo haste atinge maior profundidade devido à ação da ponta, que causa um vetor descendente.

Chen et al., (2013), afirmam que a mobilização do solo depende da profundidade de trabalho, do comprimento e largura da ferramenta utilizada, que poderá trazer como consequências, a redução da densidade do solo e resistência mecânica e aumento macroporosidade (NUNES et al., 2015).

5.4 Conclusões

1. Independente do sistema de semeadura e mecanismo usado, não houve diferença na população inicial de plantas e profundidade da semente de milho e fertilizante. No entanto, é necessária maior atenção na profundidade do fertilizante e semente de forrageira quando depositados juntos de maneira momentânea.
2. Os sistemas de semeadura que mobilizam o solo (sulco e camalhão) apresenta maior consumo energético, assim como o mecanismo haste.
3. O mecanismo haste possibilita melhor desempenho operacional quando trabalhando dentro do sulco (S3 e S4), e o sistema convencional (S5), quando do uso do disco tem melhor desempenho operacional.

6 CAPITULO II - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO PARA CULTURAS CONSORCIADAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção da cultura do milho em função de diferentes sistemas de semeadura, mecanismo de abertura de sulco, e em diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura levando em consideração a necessidade de ambas às culturas em consórcio. Para isso, um delineamento experimental de blocos casualizados em fatorial 6x2x4 foi realizado. Os quais foram seis sistemas de semeadura: S1- semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; S2- semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3: semeadura do milho em consórcio dentro do sulco; S4: semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5: semeadura convencional em consórcio; S6: semeadura convencional sem consórcio, e dois mecanismos de deposição de fertilizantes (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste) e quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura, (0, 60, 110 e 165 Kg ha⁻¹). As seguintes variáveis foram avaliadas: altura de plantas, altura de primeira espiga, diâmetro do colmo, número de grãos por linha, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos. Conclui-se que, dentre os sistemas de semeadura, o camalhão é o mais indicado em condições de planossolos, haja vista que o mesmo apresentou contribuição em todas as variáveis de crescimento e de produção da cultura do milho, bem como o uso da haste sulcadora. A adubação nitrogenada em cobertura realizada em função da necessidade de ambas as culturas em consórcio, é alternativa promissora, pois aumenta a produtividade da cultura do milho em consórcio com a forrageira.

Palavras chaves: níveis de adubação, forrageira, mecanismos sulcadores, *Zea mays* L

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate corn crop yield as a function of different sowing systems, furrow opening mechanism, as well as different levels of nitrogen fertilization under cover taking into account the need for both crops under intercropping. For this, an experimental design of randomized blocks in factorial 6x2x5 arranged in split plots with four replications was used. In the main plot, six sowing systems were evaluated: S1- corn sowing in consortium on top of the ridge; S2 corn sowing in ridge without the consortium; S3: sowing of intercropping maize within the furrow; S4: corn sowing within the furrow without intercropping; S5: conventional sowing in intercropping; S6: conventional sowing without intercropping, and two mechanisms (M1 - disk mechanism and M2 - stem mechanism). In the subplots, five levels of topdressing nitrogen fertilization (0, 60, 110 and 165 Kg ha⁻¹) were tested. The following variables were evaluated: plant height, first ear height, stem diameter, number of grains per row, number of grains per ear, 1000 grain mass and grain yield. It is concluded that, among the sowing systems, the ridge is the most indicated in conditions of planossols, given that it contributed in all the growth and production variables of the corn crop, as well as the use of the furrow. Nitrogen fertilization in coverage, based on the need for both crops in consortium, is a promising alternative, as it increases the productivity of the crop with the greatest economic value.

Key words: fertilization levels, forage, furrowing mechanisms, *Zea mays* L.

6.1 Introdução

A região semiárida Brasileira apresenta condições climáticas bastante irregulares, caracterizando-se pela baixa precipitação, alta evapotranspiração e chuvas em curto período, chegando ao máximo há quatro meses (Brito et al., 2008). Assim, frentes às variáveis citadas, a agricultura nessa região se torna atividade de risco. Portanto, se faz necessário o uso de técnicas de manejo que possam proporcionar ganho de produção aos produtores da referida região.

A captação de água *in situ* é uma técnica de semeadura no preparo do solo que tem como objetivo reduzir os riscos de exploração agrícola na região semiárida Brasileira. Essa técnica consiste na modificação do solo de forma que possibilite o acúmulo de água em um plano inclinado, denominado camalhão (Anjos; Brito; Silva, 2000). A semeadura em camalhão auxilia na drenagem superficial da água Fiorin et al., (2009). Nesse sentido, se torna importante a adoção dessas técnicas por parte dos produtores, haja vista, o ganho de produtividade que os mesmos poderão obter, conforme observados por Laime et al., (2014) ao avaliar o desenvolvimento da cultura do pinhão-manso, por meio de técnicas de plantio que contribuísse na maior eficiência de captação de água de chuvas *in situ*.

Além dos sistemas de semeadura a utilização de diferentes mecanismos de abertura do sulco para deposição fertilizantes em semeadora, poderá incrementar a produtividades das culturas (Drescher et al., 2011; Modolo et al., 2013). Modolo et al., (2013) trabalhando em Latossolo de textura argilosa encontraram maiores produtividade de grãos de milho com o uso da haste quando da comparação com os discos. Giacomeli et al., (2016) conclui em seu trabalho que a haste sulcadora reduz a resistência do solo a penetração na implantação de milho em Planossolos.

Outro fator de grande influência na produtividade do milho é a adubação de cobertura nitrogenada. Trabalhos realizados por (Ragagnin et al., 2010 e Biscaro et al., 2011) comprovam o aumento de produtividade do milho quando se aumenta a dose de N em cobertura. No entanto, Gonçalves et al., (2016) avaliando a adubação nitrogenada em milho solteiro e consorciado com *Brachiaria Ruziziensis*, não encontraram diferença significativa na maioria dos parâmetros avaliados entre o milho solteiro e consorciado.

Portanto, considerando que as culturas em consórcio competem por fatores de produção, como água, luz e nutrientes, uma adubação que atenda as exigências de ambas as culturas em consórcio se faz necessária. Além do mais, tal manejo de adubação poderá

servir como manual aos produtores da região, onde muitas vezes os mesmos recorrem a boletim de adubação de outras regiões totalmente distintas da sua.

Dentro desse contexto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os componentes de produção e produtividade do milho solteiro e consorciado com a forrageira *Massai*, em função de diferentes sistemas de semeadura, mecanismos de abertura de sulco para deposição de fertilizantes e doses de N em cobertura em condições semiárida Brasileira.

6.2 Material e método

As seções secundárias: Área experimental, caracterização da área experimental e processo de semeadura foram descritas no capítulo I.

6.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados no fatorial 6x2x4 com quatro repetições. Sendo seis sistemas de semeadura: S1- semeadura do milho em consórcio em cima do camalhão; S2- semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3: semeadura do milho em consorcio dentro do sulco; S4: semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5: semeadura convencional em consórcio; S6: semeadura convencional sem consórcio, dois mecanismos (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste) e quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura, (0 Kg/ha⁻¹ - sem adubação; 60 Kg/ha⁻¹ - adubação realizada em função da necessidade da cultura do milho; 110 Kg/ha⁻¹ - adubação complementar, realizada em função da necessidade de ambas as culturas em consórcio (milho + forrageiras); 165 Kg/ha⁻¹ - 50 % a mais da adubação complementar.

6.2.2 Parcelas experimentais

As parcelas experimentais foram compostas por três linhas de milho com espaçamentos de 0,80 m entre linhas e 20 m de comprimento. Cada linha de 20 m de comprimento foi dividida aos quatro níveis de adubação, onde cada nível de adubação teve 5 metros de comprimento. No entanto, para as avaliações de crescimento e de produtividade da cultura foram utilizado os 3 m centrais de comprimento, desprezando-se 1 m de ambas as extremidades, perfazendo uma área útil de 2, 4 m².

6.2.3 Sementes utilizadas

Foi utilizada a semente do milho híbrido da cultivar BRS2022 e categoria S-1 com germinação mínima de 85% e pureza de 98% com densidade de semeadura de 5,6 sementes m^{-1} . Na composição do sistema consorciado foi utilizada a semente da cultivar *Massai*, (nome científico: *Panicum Maximum*) categoria S-2 com 40% de sementes puras e viáveis. A quantidade de sementes utilizadas foi de 13,5 Kg/ha^{-1} , calculada de acordo com a metodologia de Cecon et al., (2015).

6.2.4 Manejo da irrigação

O fornecimento de água foi efetuado quando necessário por aspersão convencional com controle pelo Kc de acordo com o desenvolvimento da cultura do milho conforme estabelecido por (DOORENBOS & PRUITT, 1977) Tabela 12 abaixo. Para tanto, inicialmente foi realizado o teste de infiltração de água no solo para posterior cálculo e dimensionamento do sistema de irrigação utilizado na área experimental. O teste de infiltração de água no solo foi realizado seguindo a metodologia (BERNADO et al., 2019). Os aspersores apresentavam vazão de 1,79 (m^3/h^{-1}) com intensidade de aplicação de 12,43 (mm/h^{-1}).

Tabela 12- Fases de desenvolvimento do milho e seus respectivos coeficientes de cultura

Fases	Kc
Inicial	0,40
Vegetativo	0,80
Produção	1,20
Maturação	1,05
Colheita	0,55

Kc= coeficiente da cultura

6.2.5 Tratos culturais

Com a finalidade de diminuir o crescimento inicial da forrageira (*Massai*) foi aplicado o herbicida a base de nicosulfuron (6 $g\ ha^{-1}$ i.a.), aos 20 dias após a emergência da

mesma (DAE). O herbicida foi diluído em água, para um volume de calda de 50 litros ha⁻¹ e aplicados manualmente com auxílio de um pulverizador costal. No controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi utilizado Klorpan (Inseticida de contato e ingestão do grupo químico Organofosforado) e o Cipermetrina (Inseticida de Contato e Ingestão do Grupo Químico Piretroide), ambos aplicados manualmente.

6.2.6 Manejo da Adubação

Foram realizadas adubações de semeadura e cobertura, sendo esta última inerente aos níveis de adubação dos tratamentos. Na adubação de semeadura foram usados 390 Kg/ha⁻¹ de formulação comercial 10-28-20 de acordo com a análise do solo.

Já a adubação de cobertura foi realizada apenas com nitrogênio, utilizando ureia como fonte, sendo realizada de forma fracionada conforme os estádios fenológicos do milho V4 e V6 respectivamente, aplicado ao lado das linhas de milho de forma manual. A adubação utilizada para a cultura do milho foi determinada em função da produtividade máxima da cultura seguindo a metodologia de Prochnow e Rossi, (2009). Já adubação para a forrageira *Massai* foi calculada de acordo com a recomendação de Werner et al., (1996).

6.2.7 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas as seguintes variáveis; Altura de planta, Altura de inserção da 1° espiga e Diâmetro do colmo; Número de fileiras por espigas e Número grãos por espiga; Massa de 1000 grãos e produtividade de grãos.

- Altura de planta, Altura de inserção da 1° espiga e Diâmetro do colmo

No estágio de florescimento do milho foram realizadas a determinação da altura de planta, de 1ª espiga e diâmetro de colmo. Para isso, foram realizadas as avaliações nas 10 plantas centrais referente a cada nível de adubação dentro de cada parcela.

A altura média da planta e de inserção da 1ª espiga foram quantificadas por meio da medição com régua de madeira graduada em centímetros, medindo a distância entre o colo da planta até a folha bandeira e a distância entre o colo da planta até a base da primeira espiga, respectivamente. E por fim, foi determinado o diâmetro do colmo com uso do paquímetro graduado em milímetros, para esta medição foi considerada o primeiro entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

- Número de fileiras por espigas e Número grãos por espiga

Para estas variáveis foram contados em cinco espigas o número de fileiras de grãos e o número de grãos por espiga por parcela.

- Massa de 1000 grãos

Para determinação desta variável, foi realizada a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos (BRASIL, 1992), onde suas massas foram determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, estimando assim, a massa de 1000 grãos.

- Produtividade de grãos

Para esta avaliação, foram debulhadas manualmente 10 espigas da linha central de cada parcela. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, baseadas nas Regras de Análise de Sementes BRASIL (1992) calculada conforme equação 1:

$$P = I \cdot \frac{(100-U)}{100-13} \dots \dots \dots (1)$$

Em que, P = massa de grãos a 13% de umidade, em kg

U = Teor de água atual dos grãos, em %

I = Massa inicial da amostra após transformar a massa dos grãos à base de umidade, a produção de grãos foi transformada em kg ha⁻¹.

6.2.8 Análise estatística

Utilizou-se para análise estatística o programa SISVAR 5.3 (Ferreira, 2011). Inicialmente os dados foram submetidos a uma análise descritiva, onde os valores de simetria e curtose foram utilizados na verificação da normalidade dos dados. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) sendo os fatores, sistemas e mecanismos submetidos ao teste tukey a 5 % de probabilidade para comparação das médias. Já para as doses de adubação foi realizada a análise de regressão, buscando-se o melhor modelo baseado no coeficiente de determinação e de significância.

6.3 Resultados e discussão

Verificou-se que houve efeito dos mecanismos sulcadores de distribuição de fertilizantes para a variável altura de espigas (Tabela 13). Bem como, interação para a variável altura de plantas e diâmetro de colmo, com o desdobramento apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 13 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC)

Tratamentos	AP (cm)	AE (cm)	DC (mm)
Sistemas			
S1	217,80	120,93	24,62
S2	223,78	121,01	23,94
S3	217,22	116,06	23,45
S4	216,88	115,74	24,02
S5	211,61	114,40	24,07
S6	217,51	118,29	24,14
Mecanismos			
Disco	216,04	115,49 b	24,07
Haste	218,88	119,99 a	24,01
Doses de N			
0	218,47 ^(ns)	117,96 ^(ns)	23,47 ^(ns)
60	217,32	117,55	24,15
110	217,90	117,56	24,33
165	216,18	117,89	24,22
Teste F			
Sistemas (S)	2,51(p<0,05)	2,83	0,94
Mecanismos (M)	2,03	10,98(p<0,01)	0,02
Doses de N	0,24	0,02	1,54
S X M	2,16 (p<0,10)	1,48	4,48(p<0,01)
S X D	0,66	0,47	0,42
M X D	0,18	0,43	0,81
S X M X D	0,75	0,52	1,02
DMS (S)	9,98	6,80	1,58
DMS (M)	3,94	2,68	0,62
CV (%)	6,35	8,00	9,10

Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); M – Mecanismo; S - Sistema de semeadura; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6-Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa.

Para a altura de espiga houve diferenças para o fator mecanismo, onde a haste sulcadora foi superior ao disco (Tabela 13). Esses resultados possivelmente podem ser explicados pelo fato da haste proporcionar melhor condições físicas do solo em comparação ao disco duplo, o que pode ter favorecido uma melhor germinação das sementes, desenvolvimento e crescimento da planta. Trabalho realizado por Kopper et al., (2017) concluíram que a altura de inserção de primeira espiga é uma variável que possui alta influencia sobre a produtividade de grãos. Assim como Bello et al., (2010) e Souza et al., (2014) observaram que a inserção das espigas foi a variável que apresentou maior correlação com a produtividade.

Para a variável altura de planta, verificou que para os sistemas dentro dos mecanismos houve diferenças entre os tratamentos apenas para o sistema S2 dentro do mecanismo haste (Tabela 14). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de tal sistema não apresentar a forrageira em consórcio com a cultura do milho, e ter favorecido assim, um ambiente mais propício ao seu desenvolvimento, comportamento este não observado no sistema S1 que apresenta em comum às mesmas condições de semeadura do S2, porém com a planta forrageira em consórcio com a cultura do milho. Já quando se analisa o desdobramento dos mecanismos dentro dos sistemas de semeadura, a haste proporcionou maior altura de plantas nos sistemas S3 e S4 (Tabela 14).

Tabela 14 - Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores para variável altura de plantas

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	217,34	218,26 ba
S2	223,62	223,94 a
S3	211,13 B	223,29 baA
S4	211,24 B	222,51 baA
S5	213,96	209,25 b
S6	218,95	216,06 ba
Teste F		
S X M	2,67 (p<0,05)	
M X S	5,32(p<0,05)	
DMS (S)	14,11	
DMS (M)	9,65	

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa.

Vários trabalhos na literatura relatam a profundidade de atuação diferenciada entre os mecanismos discos e hastes, sendo este último, na maioria das vezes detentor da maior área de solo mobilizada na linha de semeadura e sulcos mais profundos, além do menor número de sementes expostas, Silva et al., (2000). Assim, tais fatores podem ter contribuído em um melhor aproveitamento das plantas por água e nutrientes da solução do solo, o que favoreceu plantas mais altas. Freddi (2007) relata que normalmente, as maiores produtividades estão relacionadas com plantas mais altas, pois aumenta a capacidade fotossintética das plantas. Para Skora Neto (2003), a altura de plantas tem sido considerada a medida mais fácil para avaliar a competição das plantas de milho com plantas de outras espécies.

Para o diâmetro de colmo (Tabela 15), verificou que os sistemas dentro dos mecanismos apresentaram diferenças, onde S5 e S6 quando trabalhando com o mecanismo haste apresentaram maior média. Por outro lado, analisando o desdobramento dos mecanismos dentro dos sistemas de semeadura, o mecanismo haste foi superior em S5, no entanto, não diferindo do mecanismo disco em S3.

Tabela 15 - Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores pra diâmetro de colmo

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	24,85a	24,39ba
S2	24,24a	23,63ba
S3	24,35aA	22,55bB
S4	24,68a	23,37ba
S5	22,88aB	25,27aA
S6	23,40a	24,88a
Teste F		
S X M	3,44(p<0,01)	
M X S	9,53(p<0,01)	
DMS (S)	2,23	
DMS (M)	1,52	

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa.

Com relação ao número de fileiras por espiga e números de grãos por espiga, esses foram superiores nos sistemas S2 e S6, respectivamente (Tabela 16). Demonstrando que a consorciação possivelmente prejudicou a formação da espiga, fato esse comprovado quando se faz a comparação com os sistemas S1 e S5. Borghi & Crusciol (2007), observou redução no número de grãos, onde a forrageira consorciada concomitantemente com a cultura do milho proporcionou os menores valores, ocasionadas pela maior competitividade durante o desenvolvimento das culturas. Resultados semelhantes também foram encontrados por Pariz et al., (2011). Por outro lado, Colleti et al., (2015) objetivando avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho em consórcio com forrageiras não encontraram diferenças dentro dos tratamentos avaliados. No entanto, Freitas et al., (2013) relatam que essas variáveis são poucas influenciadas por fatores externos tendo alto controle genético.

Já em relação aos mecanismos sulcadores, apenas a variável número de grão por espigas apresentou diferenças, com o mecanismo haste proporcionando valores superiores ao observado com o uso do disco (Tabela 16). Tais resultados podem estar atrelados as maiores médias de altura de plantas (Tabela 14) encontradas para o mesmo mecanismo, o que pode ter favorecido uma maior quantidade de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior número de grãos por espigas. Além do mais, segundo Pinto et al., (2004) o milho apresenta dificuldade perante as condições físicas dos Planossolos, em razão da elevada densidade, aeração deficiente e baixa condutividade hidráulica.

Quanto às doses de N, houve efeito significativo para o número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga com os dados se ajustando a equação linear crescente. Porém sem interação entre os fatores (sistemas, mecanismos e doses de N), tabela 16. Costa et al., (2012) trabalhando com duas espécies de forrageira em consórcio com o milho, também encontraram comportamento linear crescente nos componentes número de fileiras (NF), grãos por fileira (NGF) e grãos por espiga (NGE) quando do fornecimento de doses de N em cobertura (Tabela 16). Por outro lado, Coletti et al., (2013) não encontrou diferenças para o número de grãos por espiga em função da adubação utilizada e dos consórcios avaliados. Biscaro et al., (2011) observaram que a utilização de nitrogênio em cobertura pode resultar num aumento no número de fileiras e de grãos de milho. Segundo os mesmos autores, o número de grãos por espigas é um parâmetro que está diretamente relacionado com a produtividade da cultura. Caires e Milla (2016) observaram relação positiva entre a aplicação de N em cobertura e o número de grãos por

fileira, porém sem diferenças significativas ao número de fileiras por espiga. Assim, os mesmos autores explicam que algumas variáveis dependem dentre outros fatores de predisposição genotípica de cada cultivar e da disponibilidade hídrica. Rolim et al., (2018) observaram aumento do número de grãos por fileira com aplicação de 60 kg ha⁻¹ nitrogênio em cobertura.

Tabela 16 - Número de fileira por espiga (NFE) e número de grãos por espiga (NGE)

Tratamentos	NFE	NGE
Sistemas		
S1	14,72 ba	521,78 ba
S2	15,22 a	544,22 a
S3	14,25 b	478,47 c
S4	14,87 ba	516,65 ba
S5	14,22 b	498,25 cb
S6	15,19 a	543,78 a
Mecanismos		
Disco	14,67	505,77 b
Haste	14,81	528,61 a
Doses de N		
0	14,27 ⁽¹⁾	486,75 ⁽²⁾
60	14,79	515,06
110	14,71	518,50
165	15,21	548,45
Teste F		
Sistemas (S)	4,77(p<0,01)	8,44 (p<0,01)
Mecanismos (M)	0,68	9,96(p<0,01)
Doses de N	5,51(p<0,01)	12,15(p<0,01)
S X M	0,90	0,67
S X D	0,94	0,76
M X D	0,94	0,80
S X M X D	0,57	0,56
DMS (S)	0,81	36,23
DMS (M)	0,32	14,31
CV (%)	7,69	9,70

Médias seguidas com letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey a 5%. S - Sistema de semeadura; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6-Semeadura convencional sem consórcio; DMS - diferença mínima significativa. ⁽¹⁾y= 14.32+0.005 x (R² = 86,04); ⁽²⁾y= 488.04+0,348 x (R² = 94,27).

Para a variável massa de 1000 grãos, verifica-se aumento com o incremento das doses de N (tabela 17). A massa de mil grãos variou entre 277,43 a 315,83 correspondendo a um incremento de 12,16 %. O melhor modelo de regressão que se ajustou foi o linear (p<0,01), com um coeficiente de determinação de (R²) igual a 89,89%,

indicando que a massa média de mil grãos de milho variável dependente de 'y' é explicado por esse modelo de regressão (Tabela 17).

De acordo com (Fancelli & Dourado Neto, 2000) a massa de mil grãos é considerado um importante componente para avaliar a produtividade de grãos, pois após o florescimento, qualquer tipo de estresse que a planta seja submetida, poderá afetá-la significativamente. Para Ohland et al., (2005) a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pelas disponibilidades de nutrientes e pelas condições climáticas durante o estágio de enchimento dos grãos. Portanto, a deficiência ou a própria fitotoxidez de N poderá ser fator determinante na redução da massa de grãos.

Veloso et al., (2006) trabalhando com as doses de 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ N, encontraram que a massa de 1000 grãos aumentou de forma linear, variando de 277 a 324 g. Assim como Silva et al., (2005), os quais trabalhando com as doses de 0 a 180 kg ha⁻¹ de N, observaram também, que a massa de 1000 grãos aumentou de forma linear, variando de 286,36 a 316,96. Gonçalves et al., (2016) encontraram efeito linear das doses de N na massa de mil grãos.

Na variável de produtividade de grãos as doses de N permitiram incremento de 16,77%, variando de 5.256 a 6.315 kg por ha⁻¹. O melhor modelo que se ajustou foi o linear ($p < 0,01$), com um coeficiente de determinação (R^2) igual 91.60%. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al., (2012), os quais encontraram aumento na produtividade da cultura do milho em função das doses de N e por Castañon et al., (2014). Gava et al., (2010) também constataram que a elevação da dose de N aumentou a produtividade de milho, porém até a dose 200 kg ha⁻¹ de N. Araújo, Ferreira e Cruz (2004), utilizando 240 kg ha⁻¹ de N conseguiram produtividade de 11.203 kg ha⁻¹, com ganho de 27% em relação ao tratamento sem nitrogênio.

A maior produtividade do milho foi alcançada com a dose de 165 kg por ha⁻¹ de N. No entanto, as menores produtividades encontradas estão bem acima da produtividade média regional. Assim, pode ser um indicativo que a produtividade de grãos de milho não foi afetada pela forrageira em consórcio, tendo em vista as altas produtividades alcançadas no presente trabalho. Trabalhos realizados por (Jakelaitis et al., 2005 e Borghi & Crusciol, 2007) também encontraram que a presença de determinadas forrageiras, não afeta a produtividade de grãos de milho, quando da comparação do seu cultivo isolado.

Tabela 17 - Massa de 1000 grãos e produtividade de grãos

Tratamentos	Massa de 1000 Grãos (g)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
Sistemas (S)		
S1	314,82	6.254
S2	302,15	6.172
S3	292,79	5.371
S4	298,47	5.871
S5	316,53	5.973
S6	282,75	5.713
Mecanismos (M)		
Disco	303,89	5.876
Haste	298,61	5.910
Doses de N (Kg ha ⁻¹)		
0	277,43 ⁽¹⁾	5.256 ⁽²⁾
60	302,43	5.921
110	309,31	6.078
165	315,83	6.315
Teste F		
Sistemas (S)	4,78 (p<0,01)	5,68(p<0,01)
Mecanismos (M)	1,18	0,09
Doses de N	12,04 (p<0,01)	16,97(p<0,01)
S X M	3,60 (p<0,01)	3,56(p<0,01)
S X D	0,49	0,88
M X D	0,52	0,88
S X M X D	0,64	0,86
DMS (S)	24,22	552,52
DMS (M)	9,56	218,21
CV (%)	11,13	12,98

Médias seguidas com letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey 5%. S - Sistema de semeadura; S1 - Semeadura em camalhão consorciado; S2 - Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4 - Semeadura no sulco sem consórcio; S5 - Semeadura convencional com consórcio; S6 - Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa. ⁽¹⁾y= 282.31+ 0,23 x (R² = 89,89); ⁽²⁾y= 5375.30+6.177 x (R² = 91,60)

Além do mais, o uso de adubação nitrogenada em cobertura que atenda as exigências de ambas as culturas em consórcio pode ser uma alternativa promissora, tendo em vista o alto desempenho produtividade da cultura do milho encontrado. Resende et al., (2008) relata que o fornecimento de nutrientes em doses mais elevadas pode diminuir eventuais perdas de produtividade do milho decorrente da competição interespecífica ou de condições hídricas desfavoráveis.

De acordo com a tabela 18, verificou que para a massa de 1000 grãos, o sistema S1 dentro do mecanismo disco apresentou maior média. Outrossim, quando se fez a análise do desdobramento dos mecanismos dentro dos sistemas, o disco foi superior em

S1. Esses resultados provavelmente devem-se ao fato que o mecanismo disco apresenta profundidades mais uniformes quando comparado à haste Chaudhuri (2001).

Tabela 18 - Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores pra Massa de 1000 grãos

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	333,19 aA	296,46 B
S2	292,54 c	311,75
S3	293,59 cb	291,99
S4	304,42 cba	292,52
S5	326,93ba	306,13
S6	272,67 c	292,83
Teste F		
S X M		7,39
M X S		9,60
DMS (S)		34,26
DMS (M)		23,43

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; DMS- diferença mínima significativa.

Para a produtividade de grãos (Tabela 19), verificou que para os sistemas dentro dos mecanismos, o sistema S1 quando inserido do mecanismo disco proporcionou maior produtividade. Comportamento este, semelhante ao encontrado para a variável massa de 1000 grãos. No entanto, não diferindo do sistema S2 com uso da haste. Fiorin et al., (2009) relata que a semeadura sobre camalhão é uma alternativa que pode melhorar a drenagem superficial da água e viabilizar o desenvolvimento da cultura.

Já para o mecanismo dentro dos sistemas de semeadura, foi encontrado o mesmo comportamento, onde o disco trabalhando em S1 foi superior, porém sem diferir do mecanismo haste em S2. Esses resultados implicam que a maior produtividade independe do mecanismo utilizado, o mesmo proporcionará maior produtividade trabalhando no sistema de camalhão. Por outro lado Kaneko et al., (2010) relata que a haste pode favorecer o aumento da produtividade de grãos.

Tabela 19 - Desdobramento da interação significativa entre sistemas de semeadura e mecanismos sulcadores para a produtividade de grãos

Sistemas	Mecanismos	
	M1 (Disco)	M2 (Haste)
S1	6.597 aA	5.910 baB
S2	5.738 bB	6.606 aA
S3	5.297 b	5.445 b
S4	5.919 ba	5.828 ba
S5	6.065 ba	5.882 ba
S6	5.641 b	5.787 b
Teste F		
S X M	5,29 (p<0,01)	
M X S	10,28(p<0,01)	
DMS (S)	534,49	
DMS (M)	781,38	

Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si para o fator sistema e mecanismo, respectivamente pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras não diferem estatisticamente. M - Mecanismo; S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6-Semeadura convencional sem consórcio; DMS-diferença mínima significativa.

De modo geral, foi possível observar que as variáveis de crescimento e produtividade da cultura do milho são beneficiadas pelos sistemas de semeadura, com destaque ao sistema em camalhão, assim como o uso da haste sulcadora. No mais, analisando a resposta linear crescente em face da maioria características avaliadas em função da adubação nitrogenada de cobertura, ressalta-se a importância do nitrogênio nos componentes morfológicos e produtivos das plantas, bem como, da possibilidade de ser possível aumentar a produtividade da cultura do milho com a adoção da prática da adubação para sistemas consorciados, assim, nesse tipo de manejo a adubação deixa de ser realizada isoladamente para uma cultura, e passa-se a considerar a necessidade de ambas as culturas do sistema. Entretanto, estudos adicionais sobre o uso da adubação para sistemas consorciados sob diferentes manejos em condições a nível nacional precisam ser realizados a fim de consolidar tal conclusão de forma mais global.

6.4 Conclusões

1 - De forma geral, os sistemas de semeadura em camalhão e sulco com uso do mecanismo haste favorecem os componentes de crescimento da cultura do milho.

2 – Para a produtividade de grãos, o sistema de semeadura em camalhão é o mais indicado, independente do mecanismo utilizado.

3 - A adubação nitrogenada em cobertura realizada em função da necessidade das culturas do milho e *massai*, quando consorciadas, é alternativa promissora, pois aumenta linearmente os componentes da produção e a produtividade da cultura do milho.

7. CAPITULO III - RENTABILIDADE DO MILHO CONSORCIADO: SISTEMA DE SEMEADURA, MECANISMO SULCADORES E ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA

RESUMO

No âmbito da sustentabilidade agrícola, o uso de tecnologias que proporcione lucratividade ao produtor deve ser estudado. O objetivo deste trabalho foi analisar, economicamente, o efeito do sistema de semeadura, mecanismo sulcador para deposição de fertilizantes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho consorciada com a forrageira *Massai*. Para isso, um delineamento experimental de blocos casualizados em fatorial 6x2x4 foi utilizado. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 6 sistemas de semeadura: S1 e S2 - semeadura em camalhão, consorciado e não consorciado; S3 e S4 - semeadura dentro do sulco, consorciado e não consorciado; S5 e S6 - semeadura convencional, consorciado e não consorciado; dois mecanismos sulcadores para deposição de fertilizantes (disco e haste) e quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0, 60, 110 e 165 Kg ha⁻¹). Foram estimados o custo operacional total (COT), receita bruta (RB), lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), produtividade de equilíbrio e preço de equilíbrio. Conclui-se que a maior produtividade de grãos é encontrada no sistema em camalhão (S2) adubado com a dose de 165 kg ha⁻¹ de N em cobertura com uso do mecanismo haste, assim como a maior rentabilidade. Não é recomendado o uso do sistema convencional S3 e S4 sem adubação e com uso do disco, pois o mesmo promovem menores índices de lucratividade e lucro operacional, favorecendo prejuízo aos produtores.

Palavras chaves: *Zea mays*; viabilidade econômica; custo de produção; disco; haste

ABSTRACT

In the context of agricultural sustainability, the use of technologies that provide profitability to the producer must be studied. The objective of this work was to analyze, economically, the effect of the sowing system, furrow mechanism for deposition of fertilizers and nitrogen levels in cover in maize culture intercropped with forage *Massai*. For this, a randomized block design in a 6x2x4 factorial was used. The treatments were constituted by the combination of 6 sowing systems: S1 and S2 - sowing in ridges, intercropped and not intercropped; S3 and S4 - sowing within the groove, intercropped and non-intercropped; S5 and S6 - conventional seeding, intercropped and non-intercropped; two furrower mechanisms for fertilizer deposition (disc and stem) and four levels of nitrogen fertilization in coverage (0, 60, 110 and 165 kg ha⁻¹). Total operating cost (COT), gross revenue (RB), operating profit (LO), profitability index (IL), equilibrium productivity and equilibrium price were estimated. It is concluded that the grain yield is higher in the ridge system (S2) fertilized with the dose of 165 kg ha⁻¹ of N in coverage using the stem mechanism, as well as the highest profitability. It is not recommended to use the conventional system S3 and S4 without fertilization and with the use of the disc, as it promotes lower profitability and operating profit rates, favoring losses to producers.

Keywords: *Zea mays*; economic viability; production cost; disc; stem

7.1 Introdução

É indispensável o uso da mecanização nas atividades agrícolas, sendo sua maior utilidade no preparo de solo, que compreende um conjunto de práticas com o objetivo de fornecer condições ideais para semeadura, germinação e desenvolvimento das plantas (Coelho et al., 2012). As operações e métodos de preparo do solo variam em função das condições edafoclimáticas de cada região, bem como dos recursos mecanizados disponíveis (MONTANHA et al., 2012).

Na região semiárida Brasileira onde as condições climáticas são bastantes irregulares é necessário o uso de técnicas de manejos que possibilite o desenvolvimento da agricultura. Nesse contexto, captação de água *in situ*, é uma alternativa para ser utilizada pois possibilita a semeadura no preparo do solo, além do acúmulo de água em um plano inclinado chamado de camalhão (ANJOS; BRITO; SILVA, 2000).

A utilização de diferentes mecanismos sulcadores para deposição de fertilizantes em semeadora tem sido frequente, com objetivo de incrementar produtividade nas culturas. Fato este comprovado por Modolo et al., (2013) onde os mesmos encontraram maiores produtividade de grãos de milho com o uso da haste quando da comparação com os discos. Além disso, Jasper et al., (2015) avaliando o custo operacional efetivo de uma semeadora de milho com diferentes mecanismos sulcadores, concluíram que é recomendado usar o disco duplo em espaçamentos menores, já o contrário, o mecanismo haste.

A cultura do milho tem tido sucesso quando consorciado com forrageiras, onde sua produtividade na maioria das vezes não é afetada (Alvarenga et al., 2006; Jakelaitis et al., 2006, Borghi & Crusciol, 2007). Garcia et al., (2012) relata que atualmente a consorciação da cultura do milho com forrageiras, principalmente do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, é uma atividade comum em áreas de lavouras com solos corrigidos.

A adubação do milho é bastante diferenciada nas diferentes regiões produtoras. Considerando que o N é o nutriente de maior demanda pela cultura do milho, porém, nem sempre o mesmo está disponível em virtude da sua dinâmica no solo (Vergütz & Novais, 2015) seu fornecimento via fertilizantes nitrogenados se torna necessário para suprir a exigência da cultura (Catarella, 2007).

Vários trabalhos na literatura têm demonstrado que o aumento nas doses de N quando aplicados em cobertura promove aumento da produtividade do milho (Ragagnin et al., 2010; Biscaro et al., 2011). Por outro lado, Gonçalves et al., (2016) avaliando a adubação nitrogenada em milho solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, não encontraram diferença significativa na maioria dos parâmetros avaliados entre o milho solteiro e consorciado. Todavia não é comum a recomendação de adubação em função da necessidade das duas culturas em consórcio, onde os produtores desprezam a necessidade da cultura de menor valor econômico.

A quantificação dos custos relativos a todas as etapas na implantação de um projeto agrícola é de fundamental importância, pois possibilita o planejamento e o controle de sua utilização (Silva et al., 2014). Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o custo operacional por hectare de uma semeadora-adubadora camalhoeira, em função de diferentes sistemas de semeadura, mecanismos de abertura de sulco (haste sulcadora e disco duplo) para deposição de fertilizantes e diferentes doses de N em cobertura na região semiárida brasileira.

7.2 Material e métodos

As seções secundárias: Área experimental, caracterização da área experimental e processo de semeadura foram descritas no capítulo I. Bem como, as parcelas experimentais, sementes utilizadas, manejo da irrigação, tratos culturais e manejo da adubação, descritas no capítulo II.

7.2.1 *Delineamento experimental*

Os tratamentos constituíram-se pela combinação de 6 sistema de semeadura (S1- semeadura do milho em consorcio em cima do camalhão; S2- semeadura do milho em camalhão sem consórcio; S3: semeadura do milho em consorcio dentro do sulco; S4: semeadura do milho dentro do sulco sem consórcio; S5: semeadura convencional em consórcio; S6: semeadura convencional sem consórcio); dois mecanismos (M1- mecanismo disco e M2 – mecanismo haste) e quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura, (0 Kg/ha⁻¹ - sem adubação; 60 Kg/ha⁻¹ - adubação realizada em função da necessidade da cultura do milho; 110 Kg/ha⁻¹ - adubação complementar, realizada em função da necessidade de ambas as culturas em consórcio (milho + forrageiras) e 165 Kg/ha⁻¹ - 50 % a mais da adubação complementar). Portanto, o delineamento experimental foi de blocos casualizados formando fatorial 6x2x4 com 48 tratamentos e 4 repetições.

7.2.2 **Determinação dos custos de produção**

A análise econômica foi realizada comparando o custo operacional total e a receita bruta obtida com a venda das sacas de milho em função dos diferentes sistemas de semeadura, mecanismo de deposição de fertilizantes e doses de N em cobertura, permitindo o cálculo do lucro operacional e índice de lucratividade.

A determinação dos custos de produção foi realizada de acordo com a estrutura do custo operacional total utilizado pelo instituto de Economia Agrícola (IEA), conforme Matsunaga et al., (1976). O custo operacional efetivo (COE) foi estimado pela

soma dos valores das operações manuais, mecanizadas e insumos utilizados, extrapolados para hectare. Acrescentando ao COE as despesas com encargos financeiros, juros, outras despesas e depreciação, obteve-se o custo operacional total (COT), conforme a equação 7 abaixo.

$$COT = COE + Juros + outras despesas + D \dots \dots \dots 7$$

Onde:

COT – custo operacional total;

COE – custo operacional efetivo, calculado pela soma dos gastos com operações mecanizadas, operações manuais e insumos utilizados;

Juros – juros de custeio, calculados considerando a taxa de juros utilizada em operações de crédito rural como 5,5% sobre 50% do COE;

Outras despesas – calculadas considerando 5% do COE;

D – depreciação linear, calculada de acordo com a equação 8 abaixo.

$$D = \frac{VI - VF}{VU} \dots \dots \dots 8$$

Onde:

VI – valor inicial do implemento ou maquinário;

VF – valor final do implemento ou maquinário;

VU – vida útil do implemento ou maquinário.

Para o cálculo dos custos de máquinas, foram considerados os valores de referência fornecidos pela fazenda onde foi conduzido o experimento. O consumo de combustível foi registrado durante cada uma das operações realizadas, sendo que o custo por litro de combustível foi de R\$ 4,00.

As operações manuais foram contabilizadas por meio de levantamento da necessidade de mão de obra, fazendo a relação para cada operação o número de homens dia⁻¹ (HD) para executá-la, em seguida, foi multiplicado o coeficiente técnico de mão-de-obra pelo valor médio da região; os gastos com materiais foram obtidos mediante o produto entre a quantidade dos materiais usados e os seus respectivos preços de mercado.

As produtividades de grãos obtidas em cada sistema de semeadura, mecanismo e dose de N auxiliaram na obtenção da receita bruta, sendo a produtividade em kg ha^{-1} transformada em sacas de 60 kg ha^{-1} , utilizando-se o preço médio de R\$ 40,00/saca recebido pelo produtor da região.

7.2.3 Cálculos de lucratividade

Para cálculo da lucratividade foi adotada metodologia proposta por Martin et al. (1998), com as seguintes equações:

a) receita bruta (RB) (em R\$), como o produto entre a quantidade produzida (em número de sacos de 60 kg) e o preço médio de venda (em R\$);

b) lucro operacional (LO), como a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total;

c) índice de lucratividade (IL) - representa a proporção da receita bruta que se constitui em recursos disponíveis, após a cobertura do custo operacional total de produção (obtido pela relação entre o lucro operacional e o COT e expresso em porcentagem);

d) PreE - preço de equilíbrio, representa o preço unitário mínimo que o produto deve ser comercializado para cobrir os gastos com a atividade;

e) ProE - produtividade de equilíbrio, representa a produtividade mínima que o produtor deve obter para cobrir os gastos com a atividade.

Os preços médios foram coletados na região. Assim, na elaboração dos dados como hora máquina, mão de obra, preço da saca de milho e preço do combustível, foi realizada entrevistas com produtores e comerciantes da região.

7.4 Resultados e discussão

Na Tabela 20, encontra-se a estrutura do custo operacional total (COT) para instalação de 1 ha de milho consorciada com a forrageira *Massai*. De acordo com a referida tabela, as operações mecanizadas demandaram maiores despesas (R\$ 1.826,63) sendo a irrigação responsável por 82,55% de todo o gasto com as operações mecanizadas e 37,94% de todo o custo operacional total (COT). Para as operações manuais, a capina e a colheita, apresentaram maior percentual com 30% respectivamente.

Já para os insumos, a adubação com NPK foi o mais representativo, quantificando 66,63% dos gastos de insumos. Tais gastos se justificam pela exigência do híbrido por fatores abióticos, como a água, luz e nutrientes para expressarem seu potencial de produção. Assim, antes da implantação do sistema é importante que o produtor tenha uma avaliação das condições ambientais, tecnológicas e capital disponível. Costa et al., (2015) verificaram que os custos com os insumos, principalmente os fertilizantes foram os componentes que mais oneraram os sistemas produtivos analisados. Mendonça, (2017) avaliando o consórcio de milho com a *Braquiária brizantha*, também verificaram que as despesas com insumos representaram 48,3% do COT. Assim como Rodrigues et al., (2015) que encontraram gastos superiores com insumos, representando 85% de todo o gasto da instalação do consórcio de sorgo com *U. brizantha*.

Analisando o COT dentro de cada tratamento, observa-se uma oscilação de R\$ 4.062 a 4.420 para os tratamentos (S6+0) e (S2+165) no uso do mecanismo disco tabela 21. Tal resultado mostra que o sistema de semeadura em camalhão S2 com a dose de adubação 165 kg ha⁻¹ favorece maior COT, para tanto, o mesmo é justificado pelo gasto com a maior dose de adubo utilizado. No geral, esses resultados estão acima dos encontrados por Kaneko et al., (2016) no qual verificaram valores oscilando entre 1.799,00 a 2.597,00 R\$. Leal & Kaneko (2010) encontraram COT de R\$ 2.024,00 no uso da dose de 112 kg ha⁻¹ de N cobertura.

Tabela 20 - Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do milho, em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada

Descrição	Especificações	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Porcentagem (%)
A. Operações mecanizadas					
A.1 Aração	H/M	1,89	90,00	170,01	9,3
A.2 Gradagem	H/M	0,74	97,41	72,08	3,92
A.3 Semeadura e adubação	H/M	0,78	98,14	76,54	4,23
A.4 Irrigação	R\$/mm	520	2,9	1.508,00	82,55
Subtotal	-	-	-	1.826,63	100
B. Operações manuais					
B.1 Capinas	H/D	1,5	50,00	75,00	30,00
B.2 Aplicação de inseticida	H/D	1,0	50,00	50,00	20,00
B.3 Aplicação de ureia	H/D	1,0	50,00	50,00	20,50
B.4 Colheita	H/D	1,5	50,00	75,00	30,00
Subtotal	-	-	-	250,00	100
C. Insumos					
C.1 NPK	T	0,39	2700,00	1053,00	66,63
C.2 Semente de milho	T	0,01	15000,00	150,00	9,49
C.3 Semente forrageira	T	0,005	30000,00	150,00	9,49
C.4 Korplan	L	1,98	55,00	108,55	6,87
C.5 Lannate	L	1,98	60,00	118,80	7,52
Subtotal	-	-	-	1580,35	100
COE= (A+B+C)					3.657,24
Outras despesas= 5% do COE					182,86
JC= 5,5 % de outras despesas					100,57
Depreciação					33,36
COT= COE + outras despesas					3.974,03

COE - Custo operacional efetivo; JC - Juros de custeio; COT – Custo operacional total; H/M – hora máquina; H/D – homem dia; T – tonelada; L- litro.

Em relação à produtividade de grãos os valores ficaram entre 81 a 119 sacas por ha⁻¹ dentro dos tratamentos (S3+0 e S4+0) e (S1+165), respectivamente (tabela 21). Portanto, o sistema em camalhão quando associado com a dose de 165 kg ha⁻¹ com o uso do mecanismo disco proporcionarão 38 ha⁻¹ sacas de aumento na diferença de produtividade quando comparado com o sistema dentro do sulco (S3 e S4 sem N). O mesmo comportamento encontrado para a produtividade de sacas ha⁻¹ é verificado para a receita bruta, tendo em vista que esta ultima é o produto da quantidade produzida pelo preço de venda da região.

O tratamento S1+165 kg ha⁻¹ de N apresentou maior índice de lucratividade, porém com um percentual baixo 7,03 % (tabela 21). Os demais tratamentos ficaram abaixo, chegando a índice negativo. Já em relação à produtividade de equilíbrio

(produtividade mínima para cobrir os custos) observa-se que o tratamento com a dose de 165 de N em todos os sistemas usado, demanda uma maior produtividade de equilíbrio, possivelmente em função do maior COT. Já em relação ao preço de equilíbrio, o sistema S3+0 e S4+0 apresentaram maior preço, resultado esse justificado pela menor produtividade de sacas (81 sc ha^{-1}) encontrado nos referidos tratamentos.

Tabela 21 - Custo operacional total (COT) obtido com a cultura do milho, em função dos sistemas de semeadura, da adubação nitrogenada com uso mecanismo disco

Tratamentos	COT (R\$)	Produtividade (sc ha^{-1})	Receita bruta (R\$)	LO (R\$)	IL (%)	Prod.E (sc ha^{-1})	Preç. E ($\text{R\$ sc}^{-1}$)
S1+ 0	4069	99	3960	-109	-2,75	101,72	41,10
S1+ 60	4199	110	4400	201	4,58	104,96	38,17
S1+ 110	4307	111	4440	133	3,01	107,66	38,80
S1+ 165	4425	119	4760	335	7,03	110,63	37,19
S2+ 0	4070	98	3920	-150	-3,82	101,74	41,53
S2+ 60	4199	92	3680	-519	-14,09	104,96	45,64
S2+ 110	4307	95	3800	-507	-13,35	107,68	45,34
S2+ 165	4426	97	3880	-546	-14,08	110,65	45,63
S3+ 0	4068	81	3240	-828	-25,57	101,71	50,23
S3+ 60	4198	88	3520	-678	-19,26	104,95	47,70
S3+ 110	4306	94	3760	-546	-14,52	107,65	45,81
S3+ 165	4425	91	3640	-785	-21,56	110,62	48,62
S4+ 0	4066	81	3240	-826	-25,51	101,61	50,20
S4+60	4196	104	4160	-36	-0,87	104,90	40,35
S4+110	4304	101	4040	-264	-6,54	107,60	42,61
S4+165	4423	108	4320	-103	-2,38	110,57	40,95
S5+0	4063	91	3640	-423	-11,62	101,57	44,65
S5+60	4193	99	3960	-233	-5,87	104,81	42,35
S5+110	4301	108	4320	19	0,45	107,51	39,82
S5+165	4419	107	4280	-139	-3,26	110,48	41,30
S6+0	4062	85	3400	-662	-19,48	101,56	47,79
S6+60	4192	97	3880	-312	-8,04	104,80	43,22
S6+110	4300	100	4000	-300	-7,50	107,50	43,00
S6+165	4419	93	3720	-699	-18,79	110,47	47,51

S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; 0- kg ha^{-1} de N; 60 - kg ha^{-1} de N; 110 - kg ha^{-1} de N e 165 - kg ha^{-1} de N.

Para os valores de COT, produtividade, receita bruta, lucro operacional, índice de lucratividade e produtividade de equilíbrio com uso do mecanismo haste (tabela 22), o tratamento em camalhão com 165 kg ha^{-1} de N (S2+165) possibilitou maior valor para todas as variáveis, bem como o menor preço de equilíbrio. Cabe ressaltar que mesmo tendo

um maior custo total (COT) o tratamento em questão permitiu um maior lucro operacional e índice de lucratividade, resultado este bastante interessante, pois mostra que o produtor mesmo tendo um maior gasto no referido tratamento, o mesmo lhe permitirá retorno econômico. Assim, analisando os resultados da tabela 22, o produtor optando em uma adubação completar acima da necessidade de ambas as culturas em consórcio terá lucro com a produção de grãos. Além do mais, a forrageira pode lhe permitir uma complementação a mais na renda, desde alimentação animal até melhorias na parte física do solo (agregação, descompactação e espaços porosos) e fertilidade ao solo com o decorrer do tempo de implantação.

Tabela 22 - Custo operacional total (COT) obtido com a cultura do milho, em função dos sistemas de semeadura, da adubação nitrogenada e do mecanismo haste

Tratamentos	COT (R\$)	Produtividade (sc ha ⁻¹)	Receita bruta (R\$)	LO (R\$)	IL (%)	Prod.E (sc ha ⁻¹)	Preç. E (R\$ sc ⁻¹)
S1+ 0	4072	92	3680	-392	-10,64	101,79	44,26
S1+60	4153	104	4160	7	0,16	103,83	39,94
S1+110	4309	100	4000	-309	-7,73	107,73	43,09
S1+165	4428	99	3960	-468	-11,82	110,70	44,73
S2+0	4072	95	3800	-272	-7,17	101,81	42,87
S2+60	4201	107	4280	79	1,84	105,03	39,26
S2+110	4310	112	4480	170	3,80	107,75	38,48
S2+165	4429	127	5080	651	12,82	110,72	34,87
S3 +0	4071	82	3280	-791	-24,12	101,78	49,65
S3+60	4201	90	3600	-601	-16,68	105,02	46,67
S3+110	4309	89	3560	-749	-21,03	107,72	48,41
S3+165	4427	102	4080	-347	-8,52	110,69	43,41
S4+0	4069	86	3440	-629	-18,29	101,73	47,32
S4+60	4199	99	3960	-239	-6,03	104,97	42,41
S4+110	4307	98	3920	-387	-9,86	107,67	43,95
S4+165	4425	106	4240	-185	-4,37	110,69	41,75
S5+0	4066	72	2880	-1186	-41,17	101,64	56,47
S5+60	4195	98	3920	-275	-7,02	104,88	42,81
S5+110	4303	106	4240	-63	-1,49	107,58	40,60
S5+165	4422	116	4640	218	4,70	110,55	38,12
S6+0	4065	89	3560	-505	-14,19	101,63	45,67
S6+60	4195	96	3840	-355	-9,24	104,87	43,69
S6+110	4303	102	4080	-223	-5,46	107,57	42,18
S6+165	4421	98	3920	-501	-12,79	110,54	45,12

S1- Semeadura em camalhão consorciado; S2- Semeadura em camalhão sem consórcio; S3- Semeadura em sulco consorciado; S4- Semeadura no sulco sem consórcio; S5- Semeadura convencional com consórcio; S6- Semeadura convencional sem consórcio; 0- kg ha⁻¹ de N; 60 - kg ha⁻¹ de N; 110 - kg ha⁻¹ de N e 165 - kg ha⁻¹ de N.

De forma geral fazendo um comparativo dos resultados de todas as variáveis para os mecanismos disco e haste dentro dos seus respectivos tratamentos, tabelas (21 e 22) é notório a proximidades entre os valores, mostrado que o uso da haste ou disco permitirá resultados bem próximos, no entanto, quando se analisa dentro de cada mecanismo, observa-se uma variação maior entre os tratamentos, caso observado para a produtividade que variou entre 72 a 127 sacas por ha^{-1} dentro dos tratamentos S5+0 e S2+165, respectivamente, para o mecanismo haste, bem como maior lucro operacional.

7.5 Conclusões

1 – A produtividade de grãos é maior no sistema em camalhão (S2) adubado com a dose de 165 kg ha⁻¹ de N em cobertura com uso do mecanismo haste, assim como a maior rentabilidade;

2 – Não é recomendado o uso do sistema em sulco S3 e S4 sem adubação e com uso do disco, pois os mesmos promovem menores índices de lucratividade e lucros operacionais, favorecendo prejuízo aos produtores.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. Q. **Desenvolvimento de mecanismo sulcador associado ao processo de semeadura e características agronômicas em função do método de semeadura e velocidade.** 2017. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- AMORIM, M. Q; CHIODEROLI, C. A.; NASCIMENTO, E. M. S.; OLIVEIRA, J. L. P; ALBIERO, D. Adaptação de uma semeadora-adubadora para captação de água “in situ” no semiárido brasileiro. *In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC’*, 29., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: PR,2016. p. 16-21
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em: DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 14 nov. 2018.
- AMARAL, jose libério do.; COSTA, ciniro.; FERNANDES, luisa maria de souz; MEDEIROS, mauro osvaldo; CONTRI, paulo César. Estabelecimento do capim Massai em consorcio com milho ag-1051 e Bt, em áreas infestadas pelo percevejo castanho das raízes. **Revista Biodiversidade**, Mato Grosso, v.11, n.1, p.94-99, 2012.
- ALMEIDA, R. A. S. de; TAVARES-SILVA, C. A.; SILVA, S. de L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 63-70, 2010.
- ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Captação “in situ”: água de chuva para produção de alimentos. *In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (ed.). Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro.* Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 7, p.141-155.
- ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F.J.; CRUZ, J.C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura- pecuária. Informe Agropecuário, v.27, p.106-126, 2006.
- ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación. *In: FAO (Roma, Itália): Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos.* Roma, 2000. Cap. 15, p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8).
- ALMEIDA, A. A. S.; *et al.* Avaliação de *Panicum maximum* Jacq. para tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p.339-344, 2000.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. - American Society of Agricultural Engineers. *In: ASAE EP291.1: standards engineering practices data.* St. Joseph: ASAE, 1997. p. 254-275.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural tractortest code. In: **ASAE standards 1989: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1989. p. 44-8.

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships**. In: ASAE Standards 1982. St. Joseph, 1982. p. 229-241. (ASAE EP291.1).

BARROS, J. D. de S. **Estoques de carbono e nitrogênio em vertissolo e condições socioeconômicas e ambientais na microbacia hidrográfica do Riacho Val Paraíso (PB)**. 2014. 152 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2014.

BASI, S. **Associação de azospirillum brasilense e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. Dissertação - Universidade Estadual do Centro-oeste, Unicentro-Paraná, 2013.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925- 1933, 2009.

BARROS, N.N.; SOUSA, F.B.; ARRUDA, F.A. Utilização de forrageiras e resíduos agroindustriais por ovinos e caprinos. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1997. 28p. (EMBRAPA-CNPC, Documentos, 26).

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. 3 ed. Piracicaba, 2005. 310 p

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D.D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9 ed. 2019. p. 545

BELLO, O. B. et al. Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their hybrids in a diallel cross. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 18, p. 2633-2639, 2010.

BEUTLER, J.F. et al. Patinagem do trator em sistemas de preparo do solo e semeadura. In. CONGRESO ARGENTINO DE INGENIARÍA AGRÍCOLA, 2003, Balcarce. Resúmenes. Balcarce, Argentina: INTA, 2003. CD- Rom.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BORSATTO, E. A. **Sistemas de preparo do solo e desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.) em dois espaçamentos entre Linhas**. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2005.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BRANDELERO EM, ARAUJO AG, RALISCH R. Mobilização do solo e profundidade de semeadura por diferentes mecanismos para o manejo do sulco de semeadura em uma semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, p.254-262, mar/abr, 2014.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.2334-2339, 2009.

BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R.G. MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Disponibilidade de Forragem, Altura do Resíduo Pós-Pastejo e Participação de Folhas, Colmos e Material Morto. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.1, p.55-63, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNPV/CLAV, 1992. 365p.

BRITO, C. F. B.; FONSECA, V.A.; BEBÉ, F.V.; SANTOS, L.G. Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal – PB, v 9. n.3 , p.244 - 250, 2014.

BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos. Captação in situ: Água para a Produção de Alimentos In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semiárido (Petrolina, PE). **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido**. Petrolina, 2013. p.1-3. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 109).

BRITO, L. T. de L. *et al.* Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação *in situ* no semiárido brasileiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.507-515, jul/set, 2008.

BRUIN, J.; BUTZEN, S. Nitrogen uptake in corn. *Crop Insights*, v. 24, n.4, p.1-8, 2014.

CAIRES, E.F.; MILLA, R. Nitrogen fertilization in top dressing for corn crop with high yield potential under a long-term no-till system. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.1, p.87-95, 2016.

CASTAÑON, T. H. F. M.; OLIVEIRA, F. C. S.; FILHO, J. S. O.; CUNHA, C.S. M.; AQUINO, B. F. Adubação nitrogenada de cobertura na produtividade do milho safrinha em semeadura direta. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.02, p.18-22, abr/jun, 2014.

CASTRO, C. N. de. **A agricultura no nordeste brasileiro**: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. Brasília, Rio de Janeiro: Ipea, 2012. 43 p.

CATARELLA, H. Nitrogênio. In: Fertilidade do Solo. Ed. NOVAIS, R. F. et al. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 2007. p.375-470.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p.139-182.

CECCON, G.; CONCENÇO, G.; BORGHI, G.; DUARTE, A. P.; SILVA, A. F. da; KAPPES, C.; ALMEIDA, R. E. M. de. **Implantação e manejo de forrageiras em consórcio com milho safrinha**. Dourados MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 34 p. (Documentos, 131).

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semadoras-adubadoras. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.5, p.561-566, 2010.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.02, p.447-457, maio/ago, 2005.

CEPIK, C. T. C. **Análise do desempenho de uma haste sulcadora de semeadora-adubadora, em diferentes teores de água no solo, velocidade e profundidade de trabalho**. 2002. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CHAGAS, J. F. R.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; ALVES, J. F.; NASCIMENTO, I. R. Adubação nitrogenada na severidade de doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p.1-14, 2018.

CHIODEROLI C. A.; QUEIROZ, R. F. Integração Lavoura-Pecuária: Desafios da mecanização no Semiárido Brasileiro. **Revista Agriworld** v.19, p. 63-65, 2015.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1101-1109, nov/dez, 2010.

CHALIDHURI, D. Permoface Evaluation of various types of furrow openers on seed drills – a Review. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.78, n.2, p.125-137, 2001.

CHEN Y, MUNKHOLM LJ, NYORD T. A discrete element model for soil-sweep interaction in three different soils. **Soil & Tillage Research**. v.126, p.34-41, 2013.

CONAB ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS v. 6 - Safra 2018/19, n.12 - Décimo segundo levantamento, setembro 2019.

CONAB Análise mensal Junho/Julho 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acessado em: 20 set. 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Rendimento de milho por estado**: safras. Séries históricas Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2017.

COSTA, M. N. F.; RODRIGUES, W. ÁSILVA.; T. I.; PINTO, A. A.; CAMARA, F. T. Desempenho e produtividade do milho em função do cultivar e da adubação de cobertura em regime de sequeiro no Cariri-ce. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.26, n.3, p.310-319, 2017.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; LOPES, K. S. M.; LIMA, A.E. S. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v.62 n.1, jan/feb, 2015.

CORTEZ, G. L.S.; NOLLA, A.; SOUZA, N. C. D. S.; MARTINS, A. P. C.; ANTONIEL, L. S. Consorciação de culturas e o sistema de plantio direto: alternativas para a sustentabilidade do solo. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.5, n. especial, p.61-77, 2016.

COLETTI, A. J.; STASIAK, D.; MARTINEZ, J.C. COLETTI, F. MASO, D. J.D. Desempenho agronômico do milho safrinha consorciado com forrageiras no noroeste do estado de mato grosso. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon ,v. 14, n. 2, p. 100-105, abr/jun, 2015.

COLETTI, A. J.; LAZARINI, E.; DALCHIAVON, F. C.; PIVETTA, R. S.; COLETTI, F. Produtividade de grãos e palhada no consórcio de milho com *urochloa* na safrinha, em função da adubação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p2159, 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p. 407-410, mai/junho, 2012.

CONTE, O. **Mecanismos rompedores e rodas compactadoras de semeadora-adubadora para cultura do milho (*Zea Mays L.*) em plantio direto**. 2011. 152f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

COSTA, N. R. **Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias e efeito sobre ofeijão de inverno em sucessão no cerrado**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010 (Sistema de Produção, 1).

CORTEZ, J. W. *et al.* Avaliação de uma semeadora adubadora em sistema de plantio direto para a cultura da soja. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p. 268-276, 2005.

CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SIMÃO, E. P. Safrinha deve superar a safra de verão. **Revista Campo & Negócio**. v.127, p.24-29, 2013.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do milho** 2012. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acessado em: 15 out. 2018.

DAN, H. A.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. M.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; BR G. B. P.; JUMES, T. Supressão imposta pelo mesotriome a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 861-867, 2011.

DEBRUIN, J.; MESSINA, C. D.; MUNARO, E.; THOMPSON, K.; COMLON BECKNER, C.; FALLIS, L.; SEVENICH, D. M.; GUPTA, R.; DHUGGA, K. S. N distribution in maize plant as a marker for grain yield and limits on its remobilization after flowering. **Plant Breeding**, Berlin, v. 132, n. 5, p. 500-505, 2013. DOI: 10.1111/pbr.12051.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1713-1722, sept/oct, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000500026.

DUARTE, J. O. *et al.* Economia da Produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho6ed/economia.htm>. Acesso em: 28 jul. 2019.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOS, M. J. **Sistema de produção de milho e sorgo**. Sete Lagoas, 2006. Disponível em: <https://www.cnpms.com.br>. Acesso em: 16 julho 2018.

ÉDER-SILVA, E.; SILVA, R. C.; ARAUJO, D. R.; FIGUEIREDO, P. I.; LIMA, F. S. Sistemas de captação de água in situ sobre o crescimento e rendimento do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Acta Kariri Pesq. e Des.** Crato-CE, v.1, n.1, p.48-58, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. **Potencial Pedológico do Estado de Alagoas para Culturas Agrícolas**. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos Nos 10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 123p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77202/1/Relatorio-Pot-Pedologico.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 8 p.(Comunicado Técnico/ Embrapa Gado de Corte, 69).

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FANCELLI, A.L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute Brazil, 2010. 16p. (IPNI. Informações Agrônômicas, 131).

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

FEITOSA, E.O. **Balço energético de diferentes sistemas de produção agrícola na região Nordeste do Brasil**. 251 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.

FERREIRA, E. A.; COLETTI, A. J.; SILVA, W. M.; MACEDO, F. G.; ALBUQUERQUE, A. N. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 22-29, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERNANDES, H. C.; REIS, E. F.; NAIME, J. M.; MODOLO, A. J. Avaliação da influencia de implementos de plantio direto com tomografia de raios gama. *Boletim de Pesquisa e desenvolvimento* 10. EMBRAPA, São Paulo, out 2005, ISSN 1678-0434

FERREIRA, P. V. **Experimentos com consorciação de culturas**. In: FERREIRA, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Alagoas: UFAL, 2000. p. 361- 386.

FILHO, A. G.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.3, p.333–339, 2010.

FIORIN, T.T.; SPOHR, R.B.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; SANTA, C.D.; DAVID, G. de. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.2, p.147-153, jan/abr, 2009.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava – PR**: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 218 p.
FRANCETTO, T. R.; ALONÇO, A. S.; BRANDELERO, C.; MACHADO, O. D. C.; VEIT, A. A. CARPES, D. P. Disturbance of Ultisol soil based on interactions between furrow openers and coulters for the no-tillage system. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.14, n3, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016143-9148>

FRANCETTO T.R, ALONÇO A.S, BELLÉ M.P, FRANCK C.J, CARPES D.P., Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, p.542-554, maio/jun, 2015.

FRANCETTO T. R. **Desempenho de mecanismo para corte dos resíduos culturais e abertura de sulcos para semeadura direta**. 126p. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2014.

FRANCO POMPEU, R. C. F.; SOUZA, H. A.; MARTINS, E. C.; GUEDES, F. L.; ROGÉRIO, M C. P.; BUENO, L. G.; TONUCCI, R.G.; ARAUJO NETO, R. B.; PONTE FILHO, F. A. M.; MARANGUAPE, J. S. Viabilidade e produtividade de milho consorciado com capim-massai para produção de silagem e alimentação de ovinos no Semiárido. Comunicado técnico 165. Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017. 9p.

FRANCIS, C. Introduction: distribui-o and importance of multiple cropping. In: FRANCIS, C. **Multiple cropping sytems**. New York: Macmillan, 1986. p. 1- 19.

FREDDI, O, S. **Avaliação do intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho cultivado com milho**. 2007. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. São Paulo.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS. F. L. S.; População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, jan/mar, 2013.

FURLANI, C. E. A. et al. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 345-352, Jan/feb, 2008.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.59. n.2. mar/abr, 2012.

GABRIEL FILHO, A; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho do trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.3, p.333-339, 2010.

GAVA, G. J. C.; OLIVEIRA, M. W. ; SILVA, M. A.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 851- 862, out/dez, 2010.

GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo. *In*: Silevria, G. M. IV Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Jundiaí: Fundação Cargill, 1990. P. 12-21.

GIACOMELI, R.; MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; DONATO, G.; SILVA, P. R. F.; KAISER, D. R.; ARAMBURU, B. B. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v.51, n.3, p.261-270, 2016.

GONÇALVES, A. K.A.; SILVA, T. R. B.; BRANDÃO, A. G. Manejo de adubação nitrogenada em milho solteiro e em consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 318-327, 2016.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

HERNANI, L.C.; SOUZA, L.C; CECCON, G. Consorciação de Culturas. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília: EMBRAPA, 2013. 2p.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6,p. 1011-1017, 2011.

HURTADO, S. M. C.; SILVA, C. A.; RESENDE, A. V.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; HIGASHIKAWA, F. S. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 688-697, 2010.

IMEA - **Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária**. Entendendo o mercado do milho. 2017. Disponível em:

http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf. Acessado em: 23 nov. 2018.

JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A. Comparação econômica de diferentes mecanismos sulcadores de semeadoras em plantio direto do milho. **Nucleus**, v.12, n.1. p 181-188, 2015.

JAKELAITIS, A.; DUARTE, T. A. D.; ALEXANDRINO, E.; SIMÕES, L. P.; SOUZA, K.V.; LUDTKES, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 380-387, 2010.

JAKELAITIS A.; SILVA, A.A.; SILVA, A.F.; SILVA, L.P.; FERREIRA, L.R.; VIVIAN, R. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.1, p.53-60, 2006.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIANA, R.G. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v.23, p.59-67, 2005.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com cap im-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 553-560, 2004.

JACOMINE, P. T. K. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 96-111.

JÚNIOR, D.; B.; J. COELHO, C.; F. Rotação de cultura. **Manual técnico**. Programa Rio Rural, Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. 13p, 2010.

KAMPF, S. K. *et al.* Rain and channel flow supplements to subsurface water beneath hyper-arid ephemeral stream channels. **Journal of Hydrology**, v. 536, p. 524-533, 2016.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; LEAL, A. J. F.; CARNEIRO, L. F.; PAULINO, H.B. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de n em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 202-216, 2016.

KANEKO F.H, ARF O, GITTI D.C, ARF M.V, FERREIRA J.P, BUZETTI S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n 1, p.125-133, 2010.

KICHEL, A. N. **Produtividade de milho e gramíneas tropicais perenes no outono–inverno em sucessão a soja**. 2018. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados: UFGD, 2018.

KOPPER, C. V., MEERT, L., KRENSKI, A., BORGHI, W. A., NETO, A. M. O.; FIGUEIREDO, A. S. T. Produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Revista Pesquisa Agropecuária**, Recife, v.22, p.201701, 2017.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; SOUZA, L.C.F. & REIS, E.F. Desempenho de semeadora adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, p.725-731, maio, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500016>

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. De; COSTA, J. L. Da S.; SILVA, J. G. Da; VILELA, L.; BARCELLOS, A de O.; MAGNABOSCO, C. De U. Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavourapecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, C. A. V. ; WANDERLEY, J. A.C.; ANDRADE, A. B. A. Sistemas de captação de água "in situ" sobre crescimento de pinhão manso. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v 9. , n. 4, p. 230 - 237, out/ dez, 2014.

LAIME, E. M. O. **Sistemas de captação de água "in situ" sobre crescimento e produção de pinhão-manso**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

LARA JUNIOR, J. A. **Avaliação de cultivares de soja semeadas em solos de várzea com e sem sistema de camalhões**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestre Em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2013.

LANDAU, E. C.; TEIXEIRA, R. B.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A. Estimativa do Tempo de Florescimento de Milho Plantado na Época de Safrinha: Modelagem Espacial Considerando o Zoneamento de Riscos Climáticos. Circular Técnica, 146. Sete Lagoas. 2010. 4p.

LANÇAS, K. P.; UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores. Guia para a seleção correta da pressão de inflação. **Energia na Agricultura**, FCA/UNESP, Botucatu, 1997. 33p. Boletim Técnico nº 1.

LEVIEN R, FURLANI CEA, GAMERO CA, CONTE O, CAVICHIOLI F A. Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo, em nível e no sentido do declive do terreno. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.4, n.6, p.1003-1010, 2011.

LEAL, A. J. F.; KANEKO, F. H. Estimativa do custo de produção na cultura do milho na região dos Chapadões. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, v.1, n. 4, p.197-199, 2010.

LOPES, J. E. L.; CHIODEROLI, C. A.; MONTEIRO, L.A.; SANTOS, M. A. M.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; NASCIMENTO, E. M. S. Operational and energy performance of the

- tractor-scarifier assembly: Tires, ballasting and soil cover. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, v.23, n.10, p.800-804, 2019.
- LOPES, P.C.E.; MORAES, A.; LANG, R.C.; SANDINI, E. I.; MÜLLER, L.M.M.; OLIVEIRA, B.E. Estratégia de adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema integrado de produção agropecuária. *Revista Milho e Sorgo*, v.16, n.2, p.161-177, 2017.
- LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. *Revista Brasileira de Agroinformática*, Lavras, v.5, n.1, p.24- 31, 2003.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTE, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p.538-544, maio/jun, 2005.
- OLIVEIRA, M. L. **Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em duas classes de solo com diferentes tipos de cobertura vegetal**. 1997. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- MACHADO, L. A. Z; CECATO, U; COMUNELLO, E; CONCENÇO, G; CECCON, G. Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja, para sistemas integrados de produção agropecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.52, n.7, p.521-529, jul. 2017 DOI: 10.1590/S0100-204X2017000700006
- MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. D. A.; NASCIMENTO, H. C.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.20, n. 3, p.280-285, 2016.
- MARTINS C. A. S. *et al.* Captação de água da chuva em propriedades rurais. *Nucleus*, v.12, n.1, p.87-106, 2015.
- MAGALHÃES, I. D.; SOARES, C.S.; COSTA, F. E.; ALMEIDA, A. E. S.; OLIVEIRA, A.B.; VALE, L. S. Viabilidade do consórcio mamona-gergelim para a agricultura familiar no semiárido paraibano: Influência de diferentes épocas de plantio. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v.8 n.1, p. 57- 65, 2013.
- MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R.; Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2.ed., Brasília, DF: Embrapa, 2012. cap. 4, p.27-48.
- MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 4, Maringá. 2011. **Anais...** Maringá: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 4, ES p.173-219, 2011.

MAHL, D.; SANTOS, F. A.; YANO, E. H.; SILVA, P. R. A.; GAMERO, C. A. Influência do aumento da velocidade na operação de semeadura da cultura do tremoço em sistema plantio direto. In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL, 8., 2005, Villa de Merlo. **Anais...** San Luiz, 2005. 1 CD-ROM.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, p.7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo, v. 23, p.123-139, 1976.

MENDONÇA, C. A. **Consórcio de milho com *Brachiária brizantha*: Avaliação do desempenho operacional, agrônômico e econômico**. 94 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, n. 7, p. 4-9, 2014.

MILAGRES, R. S.; JÚNIOR, M. R. F.; SILVA, A. C ; FONTES, J. M. Desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em função do mecanismo sulcador e velocidade de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.23 n.2, 2015.

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

MION, R. L.; BENEZ S. H.; VILIOTTI, C. A.; MOREIRA, J.B.; SALVADOR N. Análise tridimensional de esforços em elementos rompedores de semeadoras de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1414-1419, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000067>.

MION, R.L.; BENEZ, S.H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1594-1600, 2008.

MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 276 p.

MODOLO, A.J. *et al.* Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.6, p.1200-1209, nov/dez, 2013.

- MODOLO AJ, TROGELLO E, PAGLIOSA ES, DALLACORT R, KOLLING EM. Seeding quality and soybean yields from using different furrowers and operation speeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, p.3009-3016, 2012.
- MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; HEUN, J. LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola em função do tipo de solo e da pressão de inflação nos pneus utilizando o equipamento canteirador. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.27, n.2, p.44-59, abr/jun, 2012.
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.
- NICOLAU, F. E. A. **Desempenho energético e operacional do conjunto trator semeadora em função de coberturas do solo e mecanismos sulcadores: atributos físicos do solo e componentes de produtividade**. 102 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.
- NUNES M. R.; DENARDIN, J. E.; PAULETTO, E. A.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. **Soil Till Res**, v.148, p. 119-126, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.12.007>. Acesso em: 04 nov. 2019.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.
- PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n. 5, p. 875-882, 2011.
- PALMA, M.A.Z.; VOLPATO, C.E.S.; BARBOSA, J.A.; SPAGNOLO, R.T.; MURILO MACHADO DE BARROS, M.M.; BOAS, L.A.V. Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinagem, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n. 5, p.1320-1326, 2010.
- PANTANO, A.C. **Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura pecuária em plantio direto**. 2003. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
- PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. É.; Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros panicum e rachearia em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Agrarian**. Dourados, v.7, n.23, p.157-165, 2014.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.681-69, julh/ago, 2010.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. P.75-95.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p.1349-1358, 2000.

POTTER, L.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETO, C. G. Análises econômicas de sistemas de produção de novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Rev. Bras. Zootec**, v.29, n.1, p.861-870, 2000.

PROCHNOW, L. I.; ROSSI, F. Análise de solo e recomendação de calagem e adubação, Viçosa, MG, CPT, 2009.

QUARESMA, J. P. de S.; JAKELAITIS, A.; ALEXANDRINO, E.; OLIVEIRA, A. A. de; PITTELKOW, F. K.; ARAÚJO, A. Produção de milho e braquiário consorciado sob adubação nitrogenada e fosfatada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p. 613-620, 2010.

QUEIROZ, R. F.; MOTA, W. A.; MACEDO, D. X. S.; COSTA, E.; CHIORDEROLI, C. A. Cargas no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 48, n. 2, p. 271-277, 2017.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G.; KLEIN, V.; LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O. V. Adubação nitrogenada em milho safrinha sobre plantio direto em Jataí-Go. **Global Science and Technology**, v.3, n.2, p.70-77, 2010.

RESENDE, A. V. de; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K.; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v.38, n.4, p. 269-275, out/dez, 2008.

ROLIM, R.R.; PINTO, A.A.; CAMARA, F.T.; MOTA, A.M.D.; SILVA, C.S. Produtividade e rentabilidade do milho em função do manejo da adubação na região do Cariri-CE. **Revista Científica Rural**, Bagé, RS, v.20, n.1, p.204-221, 2018.

RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; BERNARDI, D. B.; LANGE, A. Análise econômica de consórcios de *Brachiaria brizantha* com culturas graníferas anuais voltados para a recuperação de pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.10, n.1, p.82-90, 2015.

ROBERTO, V.M.O.; SILVA, C.D.; LOBATO, P.N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In:

Congresso Nacional de Milho e Sorgo,18, 2010. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

SANGOI, L.; PANISON, F.; DURLI, M.M.; LEOLATO, S. L.; COELHO, E. A.; KUNESKI, F.H.; OLIVEIRA, L. V. Acumulo de fitomassa do milho após e espigamento em função do parcelamento da cobertura nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.1, p.61-73, 2019.

SANTOS, P. R. A.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R.; NICOLAU, F. E. A.; OLIVEIRA, J. L. P.; QUEIROZ, R. F. Características morfológicas e produtivas do milho no consórcio com forrageiras em diferentes épocas de semeadura. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, Fortaleza, CE, v. 11, p. 2031-2039, 2017.

SANTOS, V. C.; SANTOS, P. R. A.; LIMA, I. O.; PEREIRA, V.R. F.; GONÇALVES, R. F.; CHIODEROLI, C. A. Performance of a seeder according to the displacement velocity and furrowing mechanism for fertilizer deposition. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.20, n.3, p.286–291, 2016.

SANTOS, L. P. D.; AQUINO, L. A; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O.; Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 270-279, 2013.

SANTOS, A.P.; VOLPATO, C.E.S.; TOURINO, M.C.C. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto para a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.540-546, mar/abri, 2008.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SCHLOSSER, J.F. et al. Desempenho de três mecanismos sulcadores de semeadura na presença de diferentes culturas destinadas a cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.64-70, 1999.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.

SILVA, L. A.; MELO, M. D.; PRIMO, A. A.; ARAGÃO, M. F.; MENESES, F. M. N. ; SILVA, K.F.; FRANCO POMPEU, R. C. F.; SOUZA, H. A. Produção de milho em consórcio com gramíneas forrageiras no semiárido cearense. *In: X CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL*, 2015, Teresina, **Anais...** Teresina , Piauí: 2015, p.1-3.

SILVA, G. F., OLIVEIRA, F. H. T., PEREIRA, R. G. SILVA, P. S. L., Diógenes, T. B. A., SILVA, A. R.C. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v.18, n.12, p.1247–1254, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; MOREIRA, G. R.; COELHO, F. E. Avaliação de custos de dois modelos de harvester no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 741-748, jul/set, 2014.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L. S.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 1, p. 44-52, jan/mar, 2013.

SILVEIRA, E.R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; PIAZZETTA, H.V.L.; LANG, C.R.; CARVALHO, P.C.F. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.4, p.1323-1332, jul/agos, 2012.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; LEITE, D. M.; TEIXEIRA, M. M.; FURTADO JR, M. R. Avaliação da qualidade da semeadura direta do milho em função do aumento da velocidade de deslocamento e do escalonamento de marcha de um conjunto trator-semeadora adubadora. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v.20, n.2, p.95-103, mar/abril, 2012.

SILVEIRA, J. C. M. da; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. de L.; TROGRELLO, E. Profundidade de sulco, área de solo mobilizada e força de tração de uma semeadora-adubadora em razão da velocidade de deslocamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p.293-298, 2011.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.4, p.418-424, 2010.

SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H. Avaliação de forças resultantes de mecanismos sulcadores de semeadoras adubadoras de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.20, n.2, p.76-82, 2005.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.725- 733, 2005.

SILVA, J. G. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. da. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, jan/mar, 2000.

SKORA NETO, F. Uso de caracteres fenológicos do milho como indicadores do início da interferência causada por plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.1, p.81-87, 2003.

SOUSA, C. M. A. *et al.* Desempenho de semeadora-adubadora de milho de segunda safra em semeadura direta. **Revista Agrarian**. Dourados, v. 12, n.45, p. 346-353, 2019.

SOUZA, E.B, *et al.* Resistência mecânica do solo à penetração em função da sua umidade e do tipo de penetrômetro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 1, n. 22 p. 67-76, jan/fev, 2014.

SOUZA, T. V.; RIBEIRO, C. M.; SCALON, J. D. GUEDES, F. L. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 4, p. 495-506, out/dez, 2014.

SOUSA, F.A.; BRITO, M. E. B.; WANDERLEY, J. A. C.; ALVINO, F. C. G.; JÚNIOR, J. R. S. Cultivo da cultura do girassol sob técnicas de captação de água in situ no semiárido da Paraíba. Informativo técnico do semi-árido - ISSN: 2317-305x. **INTESA**, Pombal, PB, Brasil, v.7, n.1, p. 84-90, 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E. K. B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 55-62, 2003.

SUDO, A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Cultivo consorciado de cenoura e alface sob manejo orgânico. Seropédica: CNPAB, 1998. 4 p.(Recomendação Técnica, 2).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TOLEDO, A. D. E.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. D. A; LOPES, A.; DABDOUB, M. J. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossolo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.459-467, maio/jun, 2010.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de concentração Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VALENTE, G. F. *et al.* Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo. **Revista Verde**, Pombal, PB, v. 14, n.1, p.140-145, jan/mar, 2019.

VALE, W. G. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura**. TESE, doutorado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense. 217 f, Goytacazes, 2011.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de Corretivos e Adubação. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho do Plantio à Colheita**. Editora UFV, Viçosa. 2015. p.108-136.

VEIGA M, HORN R, REINERT DJ, REICHERT JM, 2007. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil Till Res** 92: 104-113.

VELOSO, M. E.C.; DUARTE, S. N.; NETO, D.D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUSA V.F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.382-394, 2006.

WANDERLEY, J. A. C.; AZEVEDO, C. A. V.; BRITO, M. E. B.; ALVINO, F. C. G.; SOUSA, J. S. Crescimento do girassol sob sistema de captação de água “in situ” e adubação orgânica. **Revista Verde**. Mossoró, RN, v.9. n.2, p. 129 - 138, 2014

WANDERLEY; J. A. C.; AZEVEDO, C. A. V.; BRITO, M. E. B.; ALVINO, F. C. G.; FERNANDES, P. D.; MEDEIROS, J. E. **Trocas gasosas e produção do girassol em sistema de captação água e adubação orgânica**. II INOVAGRI International Meeting, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a005>. Acesso em: 04 set. 2018.

WERNER, J.C.; PAULINO V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1996. p.263-273.

**APÊNDICE A – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA
BÁSICAS PARA A PROFUNDIDADE DE SEMENTE DE MILHO, FORRAGEIRA
E ADUBO.**

Tabela 23 - Análise descritiva para profundidade da semente do milho, profundidade do fertilizante e semente de forrageira e população inicial de plantas

Observações	PSM (cm)	PFSF (cm)	População inicial de plantas – PIP (pla/ha)
Média	3,97	6,44	80468,75
Desvio padrão	0,53	0,85	10726,98
Variância	0,28	0,73	115068151,59
Coefficiente de variação	13,42	13,33	13,30
Mínimo	2,80	4,50	56250,00
Máximo	4,80	7,80	97500,00
Simetria	-0,48	-0,32	-0,31
Curtose	-0,83	-0,48	-0,48

**APÊNDICE B – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVAS
BÁSICAS DAS VARIÁVEIS: VELOCIDADE (V), PATINAMENTO DO TRATOR
(PAT) E CAPACIDADE DE CAMPO OPERACIONAL (CCO)**

Tabela 24 - Análise descritiva para Velocidade (V), Patinagem do trator (PAT) e capacidade de campo operacional (CCO)

Observações	V (Km/h)	PAT (%)	CCO (ha/h)
Média	4,32	9,14	1,11
Desvio padrão	0,21	2,66	0,07
Variância	0,04	7,07	0,005
Coefficiente de variação	4,88	29,09	6,39
Mínimo	3,88	4,34	0,91
Máximo	4,78	13,45	1,25
Simetria	-0,31	0,01	-0,22
Curtose	0,26	-1,09	0,12

**APÊNDICE C – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA
BÁSICA DAS VARIÁVEIS: CONSUMO HORÁRIO (L/H), CONSUMO
OPERACIONAL (CO) E ÁREA MOBILIZADA (AM)**

Tabela 25 - Análise descritiva para consumo horário (CH), consumo operacional (CO) e área mobilizada (AM).

Observações	CH (L/H)	CO (L/ha ⁻¹)	M (m ²)
Média	11,64	10,49	0,04
Desvio padrão	1,36	1,19	0,02
Variância	1,86	1,42	0,0005
Coefficiente de variação	11,71	11,38	60,35
Mínimo	9,58	8,00	0,01
Máximo	14,86	12,76	0,08
Simetria	0,72	0,18	0,49
Curtose	-0,08	-0,78	-1,04

**APÊNDICE D – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA
BÁSICA PARA AS VARIÁVEIS: ALTURA DE PLANTAS, ALTURA DE
INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA E DIÂMETRO DE COLMO**

Tabela 26 - Análise descritiva para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo

Observações	Altura de Planta (cm)	Altura de Inserção de 1° espiga (cm)	Diâmetro de colmo (mm)
Média	217,46	117,74	24,04
Desvio padrão	14,73	10,37	5,21
Variância	216,99	106,85	2,82
Coefficiente de variação	6,77	8,77	9,49
Mínimo	185	89,13	15,82
Máximo	253	151,75	28,60
Simetria	0,26	0,02	-1,34
Curtose	-0,27	0,42	2,31

**APÊNDICE E – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA
BÁSICA PARA AS VARIÁVEIS: NÚMERO DE GRÃOS/ESPIGAS E NÚMERO
DE GRÃOS/FILEIRAS**

Tabela 27 - Análise descritiva para número de grãos por espiga e grãos por fileiras.

Observações	Número de grãos /espigas	Número de grãos/ fileiras
Média	517,19	35,09
Desvio padrão	58,22	8,46
Variância	3390,64	2,90
Coefficiente de variação	11,25	8,29
Mínimo	378,00	26,00
Máximo	768,00	48,00
Simetria	0,819	0,37
Curtose	1,821	2,03

**APÊNDICE F – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA
BÁSICA PARA AS VARIÁVEIS: MASSA DE 1000 GRÃOS E PRODUÇÃO DE
GRÃOS**

Tabela 28 - Análise descritiva para massa de 1000 grãos e produção de grãos.

Observações	Massa de 1000 grãos (Kg)	Produção de grãos (Kg ha ⁻¹)
Média	301,25	5892,70
Desvio padrão	37,85	921,42
Variância	1432,73	849018,77
Coefficiente de variação	12,56	15,63
Mínimo	207,58	3413,45
Máximo	459,42	9596,33
Simetria	0,85	0,92
Curtose	2,92	2,30