



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

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

**CONSÓRCIO DE MILHO COM *Brachiária brizantha*: AVALIAÇÃO DO
DESEMPENHO OPERACIONAL, AGRONÔMICO E ECONÔMICO.**

FORTALEZA

2017

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.

FORTALEZA

2017

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)

M494c Mendonça, Clíce de Araújo.

Consórcio de milho com Brachiária brizantha: Avaliação do desempenho operacional, agrônômico e econômico / Clíce de Araújo Mendonça. – 2017.
94 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientação: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.

1. Semeadura direta. 2. Mecanização agrícola. 3. Silagem de milho. 4. Consorciação. I. Título.

CDD 630

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

CONSÓRCIO DE MILHO COM *Brachiária brizantha*: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL, AGRONÔMICO E ECONÔMICO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 30/01/2017.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Prof. Dr. Luis Clenio Jário Moreira
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

A meus pais Flávio e Helena, principais responsáveis pela minha educação, formação cidadã, ética e moral. Amo e me orgulho muito de vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por permitir vencer mais uma etapa e manter-me firme em meus objetivos.

Aos meus pais pelo amor e apoio incondicional, por entenderem a minha ausência durante muitos momentos importantes na família.

Aos meus amados irmãos pela confiança, amizade e incentivo.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pela formação e pela valiosa oportunidade proporcionada para a realização desse curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pela concessão da bolsa de estudo, permitindo assim uma dedicação integral à pesquisa.

Ao Professor Doutor Carlos Alessandro Chioderoli pela orientação e contribuição à minha vida acadêmica.

Aos operadores Emanuel, Sandoval, Deleon, Sr. Carlos e Joel pela valorosa contribuição durante a implantação e condução do experimento em campo.

Aos integrantes do núcleo integrado de máquinas e projetos agrícolas (NIMPA) pela colaboração durante o experimento.

Aos professores das Ciências Agrárias que contribuíram para a realização desse trabalho e também para a minha formação, em especial, Adunias Teixeira e Sebastião Medeiros.

Aos integrantes do grupo de pesquisa LEMA pelo apoio e grande colaboração na realização dos trabalhos e amizade.

Aos queridos amigos Albertina, Edcarla, Jales, Klênio, Marcelo Clementino, Theyson, Jairo, Dayme e Lucas pela amizade e momentos compartilhados.

Às meninas do 1 103 Hellen, Alexandra, Jordânia e Rosa pela amizade, companheirismo, momentos e aventuras compartilhadas. Foi um prazer dividir esses meses com vocês, que possamos nos encontrar sempre, seja nos Lençóis Maranhenses, nas ladeiras de Olinda, na terra do Padre Cícero ou em qualquer lugar do mundo.

A família Mister Hull e agregados que tornou nossos dias mais felizes, pela amizade, solidariedade e pelos vários momentos compartilhados.

A Fran festas pela alegria contagiante e eventos organizados.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

A consorciação de culturas anuais com forrageiras é uma tecnologia que permite a verticalização da produção, podendo promover melhorias para a física do solo, associada ao maior volume de palhada sobre a superfície, bem como proporcionar maior produtividade, consequentemente maior lucro e maior sustentabilidade do sistema produtivo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a consorciação de *Brachiaria brizantha* com milho para a produção de silagem, em três modalidades de semeadura da forrageira e dois espaçamentos entre fileiras de milho, além de avaliar o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora, identificar possíveis alterações nos atributos físicos do solo, bem como verificar a viabilidade econômica do consórcio; o trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, no esquema fatorial $(3 \times 2) + 2$ com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos por dois espaçamentos entre fileiras do milho, 0,45 e 0,90 m e três modalidades de semeadura da forrageira, a lanço em pré-semeadura do milho, na fileira de semeadura junto ao fertilizante de base e a lanço pós-semeadura do milho, além do milho solteiro nos dois espaçamentos, como testemunha. Foi avaliado o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora, o desempenho agrônomo/fitotécnico do milho e a viabilidade econômica do consórcio. Os resultados permitiram concluir que o espaçamento de 0,45 m entre fileiras proporciona melhor estruturação do solo com o aumento de sua porosidade, melhor desempenho operacional do conjunto trator - semeadora, com menor deslizamento dos rodados da semeadora e melhor distribuição longitudinal de sementes quando comparado com o espaçamento de 0,90 m. A maior quantidade de matéria verde de silagem foi produzida no espaçamento de 0,90 m. O maior índice de lucratividade foi obtido com o milho solteiro espaçado a 0,90 m.

Palavras - chave: Semeadura direta. Mecanização agrícola. Silagem de milho. Consorciação.

ABSTRACT

The intercropping of yearly agricultural cultures with forage plants is a technology that allows the verticalization of production, being capable of promote improvements to the soil physics, associated with the greatest volume of straw on the surface, as well as to provide larger productivity, consequently greater profit and larger sustainability of the productive system. This work had as objective to evaluate the intercropping of *Brachiaria brizantha* with corn for production of silage, in three types of sowing of the forage plant and two spacing between rows of corn, in addition to evaluate the energetic and operational performance of the set tractor-sower, identify possible changes in the soil physics attributes, as well as to verify the economic viability of the intercropping, the job was conducted in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering of the University Federal of Ceara. It was used the randomized block design in a $(3 \times 2) + 2$ factorial with four repetitions, totalizing 32 trial units. The treatments were composed for two spacing between rows of corn, 0.45 and 0.90 m and three types of sowing of forage plant, sown by launch in pre-seeding of the corn, in the row of seeding together with base fertilizer and sown by launch in post-seeding of the corn, besides of single corn in the two spacing, as control. It was evaluate the energetic and operational performance of the set tractor-sower, the agronomic/phytotechnyc of the corn and the economic viability of the intercropping. The results allowed conclude that the spacing of 0.45 m between rows provides better structuring of the soil with the increase of their porosity, better operational performance of the set tractor-sower, with less slipping of the wheeled of the sower and better longitudinal distribution of seeds in comparison to spacing of 0.90 m. The greatest index of profitability was obtained with the single corn spacing to 0.90 m.

KEYWORDS: Direct seeding. Agricultural mechanization. Corn silage. Consortium.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área experimental.....	37
Figura 2 - Precipitação pluvial (mm), médias de temperatura máxima, mínima e média (°C) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ce.....	38
Figura 3 - Croqui da área experimental.....	40
Figura 4 - Medição da altura das plantas.....	47
Figura 5 - Avaliação da altura de inserção da primeira espiga.....	47
Figura 6 - Medição do diâmetro do colmo com paquímetro digital.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise granulométrica do solo avaliada em diferentes profundidades.	39
Tabela 2 - Características químicas do solo avaliadas em diferentes profundidades.....	39
Tabela 3 - Caracterização física do solo da área experimental, em diferentes profundidades.	39
Tabela 4 - Valores médios obtidos para Macroporosidade e Microporosidade em função do espaçamento e modalidades de semeadura.	50
Tabela 5 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para macro e microporosidade do solo em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m.....	52
Tabela 6 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para macro e microporosidade do solo em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m.....	53
Tabela 7 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para Porosidade Total do solo em função do espaçamento e da modalidade de semeadura.	54
Tabela 8 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para porosidade total do solo em comparação com a testemunha no espaçamento (E1) de 0,45 m e no espaçamento (E2) de 0,90m.....	55
Tabela 9 - Valores médios obtidos para o desempenho operacional e energético do conjunto trator – semeadora.	56
Tabela 10 - Valores médios obtidos para velocidade de deslocamento, espaçamento normal, espaçamento duplo, espaçamento falho e matéria seca inicial.....	58
Tabela 11 - Valores médios obtidos para velocidade de deslocamento, espaçamento normal, falho e duplo e matéria seca inicial em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m.	60
Tabela 12 - Valores médios obtidos para espaçamento normal, falho e duplo, número de dias para emergência e população inicial de plantas de milho em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m.	61
Tabela 13 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial de plantas de milho, população final e Índice de sobrevivência das plantas em função do espaçamento e modalidades de semeadura.	61

Tabela 14 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial, população final e índice de sobrevivência de plantas em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m.	63
Tabela 15 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial, população final e índice de sobrevivência de plantas em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m.	64
Tabela 16 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem.	65
Tabela 17 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m.	67
Tabela 18 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m.	68
Tabela 19 - Custo de produção para a instalação de 1 ha de milho em consorciação com Braquiária brizanta.	69
Tabela 20 - Produtividade de silagem e análise econômica do consorcio de milho com braquiária brizantha no sistema plantio direto.	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Integração lavoura – pecuária.....	15
2.2 Atributos físicos do solo	20
2.3 A cultura do milho e produção de silagem.....	23
2.4 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora	26
2.4.1 Velocidade de deslocamento e consumo de combustível.....	27
2.4.2 Eficiência operacional e capacidade de campo	29
2.4.3 Patinamento	30
2.4.4 Qualidade do processo de semeadura	31
2.5 Análise econômica do consórcio milho com forrageira em ILP.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Caracterização da área de estudo	37
3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	39
3.3 Condução do experimento	40
3.3.1 Irrigação.....	40
3.3.2 Sementes.....	40
3.3.3 Fertilizantes	41
3.3.4 Defensivos Agrícolas.....	41
3.4 Análise estatística dos dados.....	42
3.5 Determinação dos atributos físicos do solo.....	43
3.6 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora	43
3.6.1 Velocidade de deslocamento	43
3.6.2 Capacidade de campo operacional	43
3.6.3 Consumo horário de combustível	44
3.6.4 Consumo de combustível por hectare.....	44
3.6.5 Patinamento	44
3.7 Avaliações agrônoma das culturas na produção de silagem.....	45
3.7.1 Número médio de dias para a emergência de plântulas de milho	45
3.7.2 Distribuição longitudinal de plântulas.....	45
3.7.3 População inicial e final de plantas	46
3.7.4 Índice de sobrevivência de plantas	46

3.7.5 Altura de planta, altura de inserção de 1ª espiga e diâmetro do colmo	46
3.7.6 Produção de matéria seca de silagem	48
3.8 Viabilidade econômica	48
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	50
4.1 Características físicas do solo.....	50
4.2 Desempenho energético e operacional	55
4.3 Características agronômicas das culturas na produção de silagem	58
4.4 Análise econômica.....	69
5. CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A - RESULTADO DE ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS	88

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional vivemos atualmente em um cenário com demanda crescente por produção de alimentos tanto em aspectos quantitativos quanto qualitativos. No setor agrícola esse cenário exige o uso de tecnologias que viabilizem a verticalização da produtividade e ao mesmo tempo mantenham a qualidade do solo, da água e do ar num contexto de sustentabilidade agrônômica, econômica e socioambiental.

Entre as tecnologias capazes de elevar a produtividade encontra-se o Sistema Integração Lavoura-Pecuária (SILP) associado ao plantio direto, que têm como principais vantagens o não revolvimento do solo, a cobertura do mesmo durante todo o ano diminuindo assim os riscos de erosão, a melhoria das condições físicas e biológicas do solo e a possibilidade de maior produtividade sem a necessidade de abertura de novas áreas para fins agropecuários.

A integração lavoura pecuária possibilita que a área seja explorada durante todo o ano, utilizando-se geralmente a consorciação entre culturas anuais e forrageiras tropicais, tais como as braquiárias, por exemplo. A semeadura da forrageira pode ser realizada em várias modalidades e diferentes épocas, irá se estabelecer e, após a colheita da cultura anual, se desenvolve e poderá ser utilizada para alimentação dos animais e/ou produção de palhada para a semeadura direta da cultura seguinte. Esse procedimento tem como viés favorecer o aumento da oferta dos produtos agropecuários a um menor custo, em virtude do sinergismo entre lavoura e pastagem, bem como diversificação da renda dos produtores.

A consorciação entre culturas anuais e forrageiras tropicais tem surgido como sistema de produção alternativo para a recuperação de áreas degradadas pela atividade agropecuária intensiva, bem como, para a formação de palhada para o sistema de plantio direto. No entanto, o conhecimento do comportamento das espécies na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produtividade satisfatória da cultura granífera.

O milho é a cultura anual mais utilizada na consorciação com forrageiras, devido à produção de grande quantidade de palha além de ser um dos mais importantes cereais, produzido e consumido no mundo, tanto para alimentação humana, geração de energia de biomassa, quanto para alimentação animal. Na produção de silagem a cultura se destaca pelo rendimento de massa verde por unidade de área e pelas qualidades nutricionais.

A silagem é um volumoso de grande importância para a pecuária no semiárido brasileiro, caracterizado pela insuficiência hídrica, distribuição pluviométrica irregular ao

longo do ano, e ainda por períodos de vários anos consecutivos de seca, o que torna o uso da silagem uma alternativa para a manutenção da produção animal.

No entanto, para que se tenha êxito com o SILP o produtor precisa fazer uso correto dos conjuntos mecanizados necessários para instalação e manutenção do sistema, tornando a avaliação do desempenho desses conjuntos, em especial de semeadoras-adubadoras, uma ferramenta indispensável aos produtores que buscam competitividade no mercado, pois a produtividade depende diretamente da qualidade do processo de semeadura.

Diversos fatores podem interferir na operação de semeadura podendo estar relacionados à semente, solo, máquina, clima e operador. Em se tratando de consorciação de culturas, a variação das características físicas do solo, associadas ao maior volume de palhada também pode afetar o desempenho do conjunto trator-semeadora.

Há muitos trabalhos que evidenciam as vantagens do cultivo consorciado, no entanto, há carência de informações sobre o comportamento desse sistema de produção agrícola em condições do semiárido brasileiro, o que justifica estudos para estabelecer qual a modalidade mais adequada de consorciação para as condições edafoclimáticas da região que proporcione maior produtividade de massa de matéria verde e/ou seca para a alimentação animal, palhada para a semeadura direta, sem comprometer a produtividade de grãos e que seja economicamente viável ao produtor.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a consorciação de *Brachiaria brizantha* com milho em três modalidades de semeadura da forrageira e dois espaçamentos entre fileiras do milho, para a produção de silagem, além de identificar possíveis alterações nos atributos físicos do solo, avaliar o desempenho energético e operacional do conjunto trator-semeadora, bem como verificar a viabilidade econômica do consórcio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Integração lavoura – pecuária

Nas últimas décadas o Brasil vem registrando mudanças no setor agropecuário, a sociedade como um todo está tendo maior conscientização no que se refere a escassez dos recursos naturais, e há uma busca em todos os segmentos de produção por alternativas sustentáveis de forma a obter maior produtividade com mínimo impacto ao meio ambiente. Nesse contexto, o sistema produtivo de integração lavoura-pecuária (ILP) justifica-se pela união benéfica dos fatores agronômicos, econômicos, sociais e ambientais (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2006).

Pesquisadores de diversos centros da Embrapa formularam um amplo conceito para ILP, conforme descrito por Macedo (2009), “Integração lavoura-pecuária são sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, lã, e outros, realizados na mesma área, em plantio simultâneo, sequencial ou rotacionado, onde se objetiva maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos, aproveitar efeitos residuais de corretivos e fertilizantes, minimizar e otimizar a utilização de agroquímicos, aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, gerar emprego e renda, melhorar as condições sociais no meio rural, diminuir impactos ao ambiente, visando à sustentabilidade”.

De acordo com Chioderoli *et al.* (2015), com o atual crescimento na demanda de alimentos no mundo e conseqüente aumento das atividades antrópicas em ambientes naturais, contribuindo para uma diminuição em áreas para produção agropecuária, sendo a oferta futura de alimentos decorrente dos incrementos em produtividade, da recuperação de áreas degradadas e da ocupação de novas áreas agrícolas. Em função disto, a necessidade de intensificação da produção agrícola é uma realidade. Nesse contexto o sistema Integração Lavoura Pecuária surge como uma alternativa promissora na sustentabilidade do uso agrícola.

Avaliações feitas por Galharte e Crestana (2010) revelaram efeitos positivos em relação à qualidade da água, do solo e da biodiversidade, mostrando que a integração lavoura-pecuária contribui para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente.

No Brasil, o Sistema de Integração Lavoura Pecuária é praticado em várias regiões, com destaque para a região sul e o cerrado. No entanto, segundo Chioderoli *et al.* (2015), é apontada como uma alternativa para a boa convivência com o semiárido, pois intensifica a produção da propriedade tanto na pecuária, quanto na agricultura, podendo maximizar o ganho por área e aumentar os lucros do produtor.

A ILP, principalmente quando associada ao sistema plantio direto (SPD), proporciona inúmeros benefícios ao produtor e ao ambiente, como: agregação de valores; redução dos custos de produção relacionados ao controle de pragas, doenças e plantas invasoras e recuperação das propriedades produtivas do solo, promovendo a recuperação/renovação de pastagens degradadas e recuperação de lavouras degradadas, ou seja, uso eficiente da terra (GALHARTE; CRESTANA, 2010).

Entre as modalidades de integração lavoura-pecuária utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como a *Brachiaria brizantha*, com culturas como milho, soja, arroz e sorgo (Portes *et al.*, 2000). Esse sistema de consórcio, destacando-se a cultura do milho com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, é denominado Sistema Santa Fé, podendo ser utilizado no sistema plantio direto ou convencional (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000).

No sistema de integração lavoura-pecuária, por meio da consorciação de duas gramíneas, a forrageira tem a função de fornecer alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera e, posteriormente, de formação de palhada para o cultivo da cultura produtora de grãos, em sistema de plantio direto. Tem se tornado alternativa interessante para o agricultor e para o pecuarista, visto que, em muitas regiões do Brasil, o cultivo de safrinha tem apresentado insucesso, face à baixa disponibilidade hídrica e irregularidade na precipitação pluvial no período outono/inverno (ZANINE *et al.*, 2006).

O sistema de cultivo consorciado de milho com espécies forrageiras proporciona produção de palha para o plantio direto e disponibilidade de alimento para manutenção nutricional dos rebanhos por meio da silagem de milho (Barducci *et al.*, 2009) que, comparada com outros tipos de silagem, se destaca por apresentar grande produtividade de matéria seca, bom valor nutritivo e boa digestibilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

O consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras tropicais é possível, graças ao diferencial de tempo no acúmulo de biomassa entre as espécies (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). A deposição do fertilizante de semeadura, misturado com as sementes da espécie forrageira, em maiores profundidades, permite o atraso da emergência, de maneira a diminuir a competição com a cultura produtora de grãos (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000).

Portes *et al.* (2000) relataram que a deposição das sementes de braquiária a 10 cm de profundidade, com o fertilizante, retardou a emergência das plântulas da forrageira em aproximadamente cinco dias e as enfraqueceu, além disso, em virtude do sombreamento provocado pelo milho durante o período de consorciação, a forrageira apresentou crescimento

lento. Porém deve-se evitar o plantio muito profundo, pois, segundo Mota (2008), as sementes de *B. brizantha*, colocadas em profundidade superior a 6 cm, praticamente não germinam.

A braquiária pode ser implantada simultaneamente à implantação da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após sua emergência (KLUTCHCOUSKI *et al.*, 2000). Segundo Silva *et al.* (2004), essa forrageira apresenta taxa de crescimento inicial lenta e sofre competição do milho que apresenta excelente potencial de competição com plantas de menor porte, devido à maior taxa de matéria seca produzida nas primeiras quinzenas de desenvolvimento e à elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo do dossel, reduzindo a quantidade desse recurso para outras espécies.

Em se tratando de consórcio, podem ocorrer situações de as espécies consorciadas germinarem e emergirem ao mesmo tempo, podendo gerar competição entre as duas espécies com significativas reduções no potencial produtivo da cultura do milho. Neste caso, torna-se necessário fazer o uso de herbicidas em subdoses, objetivando regular o crescimento da forrageira, assegurando o bom rendimento da cultura do milho (JAKELAITIS *et al.*, 2010; DAN *et al.*, 2011).

Um fator importante entre os vários existentes, que vem chamando a atenção no sistema de integração lavoura-pecuária, que pode vir a causar queda no rendimento do milho e na qualidade da produção, é a competição exercida entre a cultura principal e a forrageira nos primeiros 50 dias pós-plantio. Trata-se do período em que as plantas competem entre si pelos recursos do ambiente (SILVA *et al.*, 2013).

Conhecer o comportamento das espécies na competição por fatores de produção é importante para obtenção de produtividades satisfatórias de grãos e formação da pastagem, evitando que a competição entre as espécies inviabilize o cultivo consorciado (CHIODEROLI, 2012).

Outro fator importante é como fazer a semeadura das culturas no consórcio. Pode-se fazer a semeadura simultânea das duas culturas utilizando-se semeadeira múltipla ou misturando a semente da forrageira ao fertilizante de plantio. Também é possível fazer a semeadura da forrageira a lanço simultaneamente ao plantio do milho ou defasada em alguns dias. Além disso, em algumas situações especiais, como na renovação das pastagens, pode-se utilizar o banco de sementes da forrageira presente no solo, sendo que, nesse caso, somente a cultura anual é semeada (FREITAS *et al.*, 2008).

De maneira geral, as gramíneas forrageiras tropicais apresentam lento acúmulo de matéria seca da parte aérea até 50 dias após a emergência, enquanto a maioria das culturas anuais sofre influência por competição nesse período (PANTANO, 2003). No caso da

utilização do milho na forma de silagem, posteriormente à colheita, a forrageira poderá se beneficiar das chuvas e das temperaturas elevadas (Freitas *et al.*, 2005), de tal forma que, aproximadamente 70 dias após o corte, poderá ser utilizada como pastagem para os animais, coincidindo com a época de maior escassez de alimento (PORTES *et al.*, 2000).

De acordo com Tiritan (2001), a braquiária é a forrageira que mais vem ganhando espaço no sistema de integração lavoura-pecuária, pelo seu potencial produtivo de matéria seca, tanto da parte aérea quanto radicular, boa cobertura do solo, custo relativamente baixo de sementes, melhoria nas propriedades físicas do solo, além do controle de plantas daninhas.

A forrageira *B. brizantha* tem ampla utilização no Brasil, participando com mais de 90% das sementes de gramíneas forrageiras comercializadas para pastagens. Esta forrageira apresenta bom desempenho produtivo na maioria dos solos, embora expresse maior potencial em solos de fertilidade média a alta, fato que pode ser evidenciado na integração lavoura-pecuária, uma vez que a forrageira se beneficia dos nutrientes residuais fornecidos para o cultivo do milho (BORGHI; CRUSCIOL, 2007).

Trabalhos com o cultivo consorciado de milho e *B. brizantha* demonstram a viabilidade deste sistema na produção de milho e renovação de pastagens. A presença da forrageira não afeta a produtividade de grãos de milho, desde que manejada corretamente, com aplicação de subdoses de herbicidas, redução de espaçamento do milho ou semeadura defasada da braquiária (JAKELAITIS *et al.*, 2005).

A consorciação de milho com braquiária proporciona incrementos positivos nas produtividades de matéria seca da parte aérea e de grãos do milho (Coletti, 2012). Possamai *et al.* (2001), avaliando diferentes sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho, verificaram que o sistema de semeadura direta proporciona menor número de dias para florescimento, maiores populações de plantas, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas, maior número de espigas por hectare, maior índice de espigas de milho e maior produtividade.

Entretanto, Borghi e Crusciol (2007) verificaram redução no rendimento de grãos da cultura do milho, atribuído à presença da forrageira, que pode ser devido à modalidade de implantação ou pelas condições climáticas do ano. Para minimizar esta competição, Torres *et al.* (2008) recomendam o ajuste populacional de plantas de braquiária.

Garcia *et al.* (2013) afirmam que consórcio das forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* com milho em diferentes épocas de semeadura não afetam os componentes de produção e a produtividade de grãos em relação ao milho em cultivo solteiro, e que a maior

quantidade de matéria seca da forrageira foi produzida quando da sementeira por ocasião da adubação de cobertura do milho.

Segundo Mendonça (2012), trabalhando com quatro espécies forrageiras em consórcio com milho em três modalidades, observou que todos os tratamentos estudados promoveram cobertura do solo satisfatória e a decomposição da palha, independente das forrageiras e das modalidades de sementeira empregadas, proporcionou importante contribuição para proteção do solo até a época de colheita da soja, em quantidade suficiente para manutenção do sistema plantio direto.

O milho produz grande quantidade de palhada, uma excelente opção como rotação de culturas, viabilizando o uso do sistema plantio direto, e quando utilizado em consórcio com forrageiras no melhor arranjo espacial, pode aumentar ainda mais a produção de palhada, sem afetar a produtividade de grãos, e com isso viabilizar a sustentabilidade do sistema de produção (CHIODEROLI, 2010).

Um dos problemas de produzir silagem é a exportação de grande parte da fitomassa, não restando palhada suficiente para continuidade do plantio direto. A consorciação do milho com forrageiras é uma alternativa para formação de palhada, uma vez que a forrageira se estabelece e, após o corte do milho, irá se desenvolver sem competição e formar a palha para o plantio direto da cultura seguinte (MENDONÇA, 2012).

As forrageiras tropicais, apesar de exaurirem os nutrientes residuais deixados pelas lavouras na superfície do solo, reciclam os nutrientes do subsolo, repõem a matéria orgânica e promovem a aração biológica do solo graças à abundância e agressividade de seus sistemas radiculares e da atividade biológica decorrente (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

De acordo com Denardin *et al.* (2008), na consorciação entre milho e *Braquiária* pode-se observar, aumento da produção da massa de raízes, principalmente na camada de 0-5 cm do solo, quando comparado com o cultivo exclusivo de milho, bem como aumento na porosidade total, redução da densidade do solo e incremento no teor de matéria orgânica na camada superficial pela liberação de nutrientes vinda da decomposição da massa vegetal ali existente.

Além dos benefícios acima citados da integração lavoura-pecuária e consórcio de milho com braquiária, Vilela *et al.* (2003) relatam ainda os efeitos positivos na associação de fungos micorrízicos arbusculares com as raízes, aumentando a capacidade na absorção de nutrientes pelas plantas.

2.2 Atributos físicos do solo

O uso intensivo de áreas para a produção agropecuária, aliado a técnicas impróprias de manejo do solo, tem causado degradação da estrutura do mesmo, influenciando negativamente o desenvolvimento vegetal e predispondo o solo à degradação (STONE; GUIMARÃES, 2005).

Essa ocupação e utilização de áreas agrícolas necessitam da adoção de medidas conservacionistas de manejo e uso do solo que visem racionalizar o uso de máquinas, proporcionar maior conservação do solo e promover a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema. Segundo Mendonça *et al.* (2013) as principais tecnologias fundamentadas em bases conservacionistas são o sistema plantio direto (SPD), a rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária.

De acordo com Chioderoli *et al.* (2012), o sistema de integração agricultura-pecuária pode melhorar as condições físicas do solo, devido a maior produção de palhada proporcionada pelo consórcio, melhorando a cobertura do solo, favorecendo a infiltração de água, permitindo maior exploração do perfil do solo pelas raízes, diminuição do processo erosivo e conseqüentemente manutenção da estabilidade do sistema.

A inclusão de forrageiras em sistemas de cultivos de grãos e/ou florestas altera as propriedades físicas e químicas do solo, promovendo mudanças na sua qualidade; principalmente aumentando a estabilidade dos agregados, o que resulta em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração. Estas melhorias ocorrem pela presença de palha e raízes da pastagem, que contribuem para o aumento nos teores de carbono do solo (LOSS *et al.*, 2011).

Os sistemas radiculares das forrageiras podem trazer vários benefícios ao solo e conseqüentemente aumento na produtividade das culturas, de acordo com Stone *et al.* (2003), o sistema radicular das forragens, favorece a descompactação do solo e melhora a estrutura do mesmo, permitindo maior infiltração de água e ar, além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Já Seidel *et al.* (2014), relatam que as forrageiras aumentam a estabilidade dos agregados, resultando em um aumento da macroporosidade do solo.

A inclusão de pastagens na rotação de culturas anuais provoca melhoria da qualidade física do solo por causa da combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo (MARCHÃO, 2007).

Portanto, o consórcio de braquiária com a cultura de milho pode ser uma prática vegetativa importante, principalmente para alterar a estrutura de solos manejados inadequadamente; é o caso, de algumas áreas cultivadas no sistema de plantio direto, onde não é realizada a rotação de cultura e, o cultivo é feito sob uma palhada escassa. As áreas cultivadas em sistema de plantio direto e mal manejadas podem ser perceptíveis pelo aumento de densidade do solo, diminuição na macroporosidade, restrição ao desenvolvimento de raízes e redução na produtividade (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003; DENARDIN *et al.*, 2008).

Diferentes atributos físicos do solo têm sido utilizados para caracterizar as modificações físicas resultantes da compactação do solo. Segundo (Marchão *et al.*, 2007), os mais utilizados são: resistência mecânica do solo à penetração, densidade, porosidade e condutividade hidráulica devido a relativa facilidade de determinação e pelo baixo custo de obtenção das medidas.

A compactação é definida como sendo um processo pelo qual ocorre o rearranjo dos agregados devido à diminuição dos espaços entre os agregados, fazendo com que as partículas fiquem mais próximas, aumentando a densidade do solo (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2010). A compactação do solo está diretamente relacionada com a agregação do solo, já que o seu arranjo espacial é alterado tanto entre como dentro dos agregados (DEFOSSEZ e RICHARD, 2002).

De acordo com Santos *et al.* (2009), a combinação de pastagens perenes seguidas de culturas anuais para produção de grãos é mais eficiente na manutenção de estrutura físico-química do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas, pois as espécies com sistemas radiculares e diferentes morfologias promovem maior ciclagem de nutrientes e favorecem a supressão de doenças.

Denardin *et al.* (2008) constataram no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*, diminuição da densidade de um Latossolo Vermelho Eutroférico, de textura muito argilosa, na camada de 0-10 cm por consequência da produção superior da massa de raízes em relação a camada inferior de 10 a 20 cm.

Ao avaliarem o impacto do tempo de adoção do sistema plantio direto nas condições da estrutura do solo, em Latossolo Vermelho Distroférico, Rosa *et al.* (2012), observaram que os valores de densidade e resistência do solo a penetração sofreram um aumento a medida que aumentou o tempo de adoção do SPD.

Stone *et al.* (2002) relatam que em sistema de plantio direto são perceptíveis as alterações na estrutura do solo, tais como o aumento da densidade, diminuição da

macroporosidade, restrição ao crescimento de raízes e movimento vertical da água em decorrência da ausência de preparo.

No entanto, Conte *et al.* (2011) e Moreira *et al.* (2012) observaram que não há alterações significativas na densidade e na porosidade do solo após sete e oito anos, respectivamente, em sistema de ILP-PD. Outros estudos mostram que as possíveis mudanças na estrutura física do solo não alteram a produtividade de culturas de verão, como a soja (FLORES *et al.*, 2007) nem as condições ideais para a produção vegetal (SPERA *et al.*, 2010).

As modificações na estrutura do solo decorrentes da compactação alteram várias características do sistema poroso, afetando o tamanho, a distribuição, a continuidade, o volume e a geometria dos poros (LIMA *et al.*, 2005).

Os macroporos são os responsáveis pela condução de O₂ e água através do perfil, a perda destes poros leva à diminuição das trocas gasosas (Camara; Klein, 2005; Genro Junior *et al.*, 2009). Já os microporos são os responsáveis pela retenção de água no solo, e com a redução do tamanho dos poros a água estará mais fortemente retida, dificultando a sua absorção pelas plantas (IMHOFF *et al.*, 2001; BATEY, 2009).

Spera *et al.* (2009) ao avaliarem o efeito de sistemas de produção de grãos, de pastagens anuais de inverno e de pastagens perenes sob sistema plantio direto, após dez anos de cultivo, sobre as características físicas do solo, observaram que a compactação resultante do pisoteio animal interferiu nos atributos físicos do solo, ao elevar a microporosidade do solo e diminuir a macroporosidade, na fase pastagem; porém, sem atingir níveis capazes de causar a degradação do solo.

A diminuição da macroporosidade provocada pela compactação prejudica a infiltração de água, afetando negativamente a condutividade hidráulica do solo. Blanco-Canqui *et al.* (2010) observaram redução da condutividade hidráulica saturada, sugerindo então que a compactação pode reduzir a infiltração da água da chuva ou da lâmina de água aplicada durante a irrigação.

Um dos principais efeitos de integrar atividades agrícolas com a pecuária, segundo Silva *et al.* (2011) reside no fato de ocorrerem alterações nas propriedades físicas do solo. Marchão *et al.* (2007), trabalhando em Latossolo Vermelho, concluíram que, após quatro anos da fase pastagem, a compactação resultante do pisoteio animal nos sistemas de integração lavoura-pecuária, não atingiu valores críticos que pudessem limitar cultivos anuais subsequentes.

Esses efeitos podem ser confirmados no experimento conduzido por Sales *et al.* (2010) em um Neossolo Quatzarênico. Os autores afirmam que o uso agrícola do solo promove alterações nos atributos físicos, porém essas alterações não são consideradas críticas para o desenvolvimento radicular das plantas.

Segundo Moreira *et al.* (2012), SILPs apresentam complexas interações entre solos, plantas, máquinas e animais, as quais podem ser traduzidas em modificações na estrutura do solo, o que torna de suma importância a quantificação de medidas que descrevem processos físicos nos solos, pois os resultados contribuem para o entendimento dos impactos de sistemas de manejo na qualidade física dos solos.

2.3 A cultura do milho e produção de silagem

O milho (*Zea mays L.*) está entre as principais culturas cultivadas no mundo, com grande importância social e econômica. Em função do seu potencial produtivo, composição química e valor nutricional, constitui-se em um dos cereais mais importantes do mundo. Sendo utilizado tanto para a alimentação humana quanto animal, podendo também, ser utilizado como forma de combustível alternativo (SILVEIRA *et al.*, 2012).

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de área colhida de grãos de milho, colhendo em média 67 milhões de ton a cada safra, sendo superado apenas pelo EUA e China (FIESP, 2017). Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade devido ao grande número de produtores que não usam tecnologias que explorem o potencial produtivo da cultura.

A cultura de milho no Brasil, na safra 2015/ 2016, ocupou uma área em torno de 15,9 milhões de hectares, sendo responsável por uma produção de cerca de 67 milhões de ton de grãos, apresentando um rendimento médio de 4.189 kg ha⁻¹. No entanto nas regiões Norte e Nordeste a produtividade média é 1.349 kg ha⁻¹, de acordo com a CONAB, (2016).

Segundo Silva (2004), a baixa produtividade é devido a não adequação de vários fatores como a fertilidade do solo, população, arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptada a cada condição de manejo, clima e práticas culturais. Aliado a isso, a qualidade da operação de semeadura torna-se fundamental para o estabelecimento da cultura.

Pereira Filho *et al.* (2008) coloca um aspecto importante da cultura do milho que é a densidade de semeadura. O estande de semeadura é uma das causas responsáveis pela baixa produtividade de milho no Brasil. O potencial de produtividade está enquadrado em algumas variáveis como a disponibilidade de água, nutrientes, manejo das plantas daninhas, variações climáticas, densidade de semeadura e espaçamento entre linhas.

Uma das tendências atuais da atividade agrícola é a redução do espaçamento entre fileiras de cultivo com o objetivo de aumentar a produtividade. Conforme Alvarenga *et al.* (2006), a prática propicia melhor distribuição espacial de plantas, melhora a utilização de luz, água e nutrientes, além de aumentar a capacidade de competição das plantas de milho.

Pesquisas recentes têm demonstrado que a redução de espaçamento entre fileiras de 0,90 metros para 0,45 metros ou 0,40, combinada com a redução do número de plantas nas fileiras têm contribuído para o aumento da produtividade (PORTO *et al.*, 2011.; RIBAS *et al.*, 2013).

Farinelli *et al.* (2012), avaliando duas cultivares de milho em função do espaçamento, observaram acréscimo da produtividade mediante a redução do espaçamento entre fileiras, sendo maior no espaçamento de 0,40 cm. Os autores atribuíram o resultado à maior eficiência na interceptação da radiação solar e ao decréscimo de competição por luz, água e nutrientes entre plantas na fileira, devido a suas distribuições mais equidistantes.

Torres *et al.* (2013), avaliando três híbridos de milho em função de dois espaçamentos em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura arenosa, verificaram que o espaçamento de 0,90 m proporcionou aos híbridos analisados maior produtividade em relação ao de 0,45 m. Resultado que os autores atribuíram ao tipo de híbrido utilizado e as características climáticas da região.

Mesmo que, em algumas situações, a redução do espaçamento entre fileiras não resulte em acréscimo de produtividade, sua adoção limita o desenvolvimento de plantas daninhas, e torna mais eficiente o uso de semeadoras, pois possibilita a semeadura do milho no mesmo espaçamento que a soja e o feijão (GROSS *et al.*, 2006).

A escolha do espaçamento e da densidade de semeadura ideal, tanto para o milho solteiro quanto consorciado, é umas das práticas e técnicas mais importantes para essa cultura, por isso o estudo do comportamento da cultura em diferentes espaçamentos e densidades é importante para que seja determinado o arranjo que proporcione maior produtividade.

Borghi e Crusciol (2007) avaliando a consorciação da *Brachiaria brizantha* com a cultura do milho, em dois espaçamentos de semeadura e quatro modalidades de semeadura, comprovaram que mesmo sob espaçamento reduzido, o consórcio milho e *Brachiaria brizantha* ocasionou maiores produtividades que em espaçamentos tradicionais.

Vieira (2013), avaliando o consórcio de milho com *Brachiária brizantha* em três espaçamentos (1,0, 0,80 e 0,50 m) com três populações (70, 60 e 50 mil plantas ha⁻¹) observou que a maior produtividade de silagem de milho foi obtida com o espaçamento de 0,5 m e população de 70 mil plantas por hectare.

Segundo Sangoi *et al.* (2010), o aumento da densidade de plantas pode afetar uma série de características que interferem na qualidade da silagem. Se o objetivo for quantidade de fitomassa produzida, a densidade ótima é de 5 a 10% maior que a recomendada para a produção de grãos. Entretanto se o objetivo for silagem de alta qualidade, a população recomendada, é a mesma para produção de grãos.

Quanto a qualidade da silagem, segundo Alvarez *et al.* (2006) o milho possui alto valor energético, boa composição de fibras, além do alto potencial de produção de matéria seca, aliada a produção de grãos que enriquecem a forragem produzida. Além disso, a silagem de milho apresenta características como ser um alimento tradicional para ruminantes, pois proporciona elevado consumo voluntário e fornece alto teor de nutrientes digestíveis totais (ZEOULA *et al.*, 2003), possibilitando bom desempenho produtivo aos animais.

Quando se pretende obter êxito no processo de ensilagem, deve-se observar alguns aspectos referentes à planta que se deseja ensilar. O teor de matéria seca da forragem deve ser um dos principais pontos observados.

O teor de MS ideal para silagem de milho é de 30 a 35%, segundo Carvalho (2013), nessa faixa de MS, se obtém as melhores produções de massa seca e qualidade nutricional, maior digestibilidade, maior consumo e maior produção de leite por animal. Esse teor de MS também é o ponto onde se consegue melhor compactação e melhor fermentação da silagem, reduzindo as perdas de massa seca e favorecendo a conservação da silagem.

O valor nutritivo da silagem é diretamente relacionado com a percentagem de grãos na massa ensilada. Para a silagem de milho assumir sua função de recurso forrageiro de alto valor nutritivo, deve apresentar elevada proporção de grãos - 40 a 50% da massa seca total da planta (NUSSIO *et al.*, 2001).

Por outro lado, a qualidade da silagem não é determinada apenas pela quantidade de grãos na massa, mas também pela digestibilidade dos demais componentes da planta, como hastes e folhas (Nussio *et al.*, 2001). Quanto mais próximo da maturidade, as frações fibrosas da planta se tornam menos digestíveis. Então o atraso na colheita do milho para silagem pode proporcionar hastes e folhas com maior fração indigestível.

A altura de corte é outro critério que influencia na qualidade e quantidade de forragem colhida para ensilagem. A elevação da altura de colheita para ensilagem permite maior participação de grãos na massa ensilada em detrimento da participação de colmos e folhas, resultando em melhoria da qualidade da silagem produzida, devido aos decréscimos significativos nos teores de fibra (Restle *et al.*, 2002). Além disso, devem ser consideradas as

vantagens relacionadas com a conservação e a melhoria da fertilidade do solo em função da maior quantidade de colmos deixados sobre a superfície do solo (CAETANO *et al.*, 2012).

A manipulação da altura de colheita pode promover reciclagem de nutrientes, principalmente o potássio (K), que está em maior quantidade na base do colmo (Jaremtchuk *et al.*, 2006). O K é o segundo mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais e o primeiro na cultura do milho. Portanto, silagens de milho colhidas com alturas mais elevadas contribuem não somente para aumentar a reciclagem de nutrientes do solo, mas também para retornar grandes quantidades de K que se encontram nos internódios inferiores da planta (NUSSIO *et al.*, 2001).

2.4 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora

A análise operacional procura desenvolver técnicas de previsão, planejamento, controle e coordenação das atividades, visando obter o máximo de rendimento útil de todos os recursos disponíveis, com o mínimo de dispêndio (VALE, 2011).

A vantagem de se conhecer o desempenho operacional de uma máquina agrícola, ou de conjuntos mecanizados, consiste em poder racionalizar as operações agrícolas mecanizadas. Esta mecanização racional, segundo Mialhe (1974), consiste em empregar um sistema ou conjunto de máquinas de forma técnica e economicamente organizada, na execução das operações exigidas pela produção agrícola.

As técnicas do sistema de semeadura direta são complementos das atuais técnicas de conservação do solo, que envolvem menor mobilização e remoção do solo e maior quantidade de restos vegetais na superfície, apresentando, como vantagem, a redução dos custos operacionais de mecanização, além dos aspectos conservacionistas de redução das características físicas, químicas e biológicas do solo (NAGAOKA; NOMURA, 2003).

Para a obtenção de sucesso em sistema de semeadura direta, a seleção de componentes adequados para as semeadoras-adubadoras, é sem dúvida uma ação necessária para manutenção da eficácia do sistema. Entre os itens a serem verificados, os mecanismos de corte de palha das mesmas influenciam muito na operação (SILVA, 2000).

Portanto, no sistema semeadura direta, no qual não ocorre o preparo convencional do solo, acentua-se a importância de uma semeadora que atenda aos preceitos básicos de cortar a massa vegetal e depositar corretamente a semente e o fertilizante (Chioderoli *et al.*, 2010), cobrir as sementes com solo e palhada e ainda compactar o solo lateralmente à semente (Siqueira; Casão Júnior, 2004), para se obter melhores produtividades.

Em sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, as condições do solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis à deposição das sementes e fertilizantes, que as verificadas nos preparos com intensa mobilização, sendo necessário maior cuidado nesta operação (Cortez, 2007). Portanto, as semeadoras-adubadoras utilizadas no sistema de semeadura direta devem ser robustas e resistentes, possuir eficiente capacidade operacional e demandar o menor consumo de energia (LEVIEN *et al.*, 2001).

De acordo com Oliveira *et al.* (2000), na semeadura direta, o desempenho da semeadora-adubadora, no que se refere ao corte dos restos culturais, à abertura do sulco e à deposição das sementes e fertilizante em profundidades adequadas, merecem cuidados essenciais para evitar problemas na fase inicial da cultura.

O desempenho operacional e energético das máquinas semeadoras-adubadoras normalmente é avaliado pela velocidade de trabalho, consumo de combustível, capacidade de campo efetiva e patinamento dos rodados.

2.4.1 Velocidade de deslocamento e consumo de combustível

Toda e qualquer operação com máquinas agrícolas deve levar em consideração a velocidade de deslocamento do conjunto máquina implemento agrícola, uma vez que essa variável influencia o consumo de combustível, a demanda de tração e a qualidade do serviço (SILVEIRA, 2008).

A velocidade de deslocamento altera o desempenho do trator visto que afeta diretamente o consumo de combustível. Filho *et al.* (2010), avaliaram o consumo de combustível de um trator em três condições da superfície do solo, em função da velocidade de trabalho observaram que o aumento da velocidade proporciona maior consumo de combustível independente da condição de superfície do solo.

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, na semeadura da cultura do milho, constataram incrementos no consumo horário de combustível quando da variação na velocidade de deslocamento e na rotação do eixo do motor. Os autores ainda observaram que cada unidade acrescida na velocidade de deslocamento e na rotação no eixo do motor resultava em aumento de $1,32 \text{ L h}^{-1}$ e $0,0053 \text{ L h}^{-1}$, respectivamente, no consumo de combustível.

Com relação à velocidade de semeadura, Chioderoli *et al.* (2010) observaram que ocorre variação em relação ao preparo do solo, com maior valor no solo sob sistema plantio direto em comparação ao solo escarificado, associaram o resultado à maior quantidade de

0,75 = Eficiência operacional;

0,36 = Fator de conversão de unidade.

3.6.3 Consumo horário de combustível

Para determinar o consumo de combustível foram utilizados dois medidores de fluxo da marca “Flowmate” oval, modelo Oval M-III e LSF 41 com precisão de 0,01 ml. Os pulsos gerados pelos fluxômetros são convertidos em volume, considerando a vazão de 1 ml pulso⁻¹. O consumo de combustível foi determinado na área útil de todas as parcelas em unidade de volume (mL), e pela diferença entre os volumes de combustível medido na tubulação de alimentação da bomba injetora e na tubulação de retorno para o tanque. A delimitação do início e fim da área útil foi feita com estacas de madeira fixadas no solo espaçadas 10 m que serviram como ponto de referência para ligar e desligar os medidores de fluxo.

3.6.4 Consumo de combustível por hectare

O consumo de combustível por hectare foi determinado pelo produto da capacidade campo operacional pelo consumo de combustível horário, Equação 3.

$$C (ha) = Ch \times CCo \quad (3)$$

em que,

C (L ha⁻¹) = consumo de combustível por hectare;

Ch = consumo horário (L h⁻¹);

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

3.6.5 Patinamento

O patinamento dos rodados do trator foi determinado pela Equação 4.

$$PAT = \left[\frac{n^1 - n^0}{n^1} \right] \times 100 \quad (4)$$

em que,

PAT = Patinamento das rodas, %;

n⁰ = Número de voltas das rodas sem carga;

n¹ = Número de voltas das rodas com carga.

O patinamento do rodado da semeadora foi determinado por meio da Equação 5.

palha nas áreas de semeadura direta, o que contribui para contato eficiente do pneu com o solo, uma vez que boa parte da palha era composta por fragmentos ancorados e, portanto, promoveu melhor força de tração, refletindo, diretamente, no aumento da velocidade.

As condições da superfície do solo afetam também o consumo de combustível do trator. Ao avaliar o consumo de combustível e a capacidade de campo operacional na semeadura de aveia, em três manejos do solo, Mazetto *et al.* (2004) concluíram que o consumo horário de combustível e o patinamento do trator foram maiores onde a semeadura foi realizada em sistema convencional e com escarificação, apresentando maiores exigências tratórias, uma vez que nestes manejos houve maior mobilização do solo quando comparado ao sistema de plantio direto.

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), Mahl (2002) 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 $5,8 \text{ km h}^{-1}$. O espaçamento de 0,90 m proporcionou o menor consumo horário ($12,9 \text{ L h}^{-1}$) e o menor consumo por área ($5,66 \text{ L ha}^{-1}$) em relação ao espaçamento de 0,45 m que tiveram para semeadura em plantio direto o consumo horário e consumo por área de $13,35 \text{ L h}^{-1}$ e $6,62 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente.

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. No espaçamento reduzido observaram também maior consumo de combustível horário.

O consumo de combustível do trator agrícola, conforme Montanha *et al.* (2011), engloba um dos custos mais elevados nas operações agrícolas, sendo que o total consumido está diretamente ligado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo, dentre outros.

2.4.2 Eficiência operacional e capacidade de campo

Eficiência de campo é um importante critério para verificar a capacidade de campo e para tomar importantes decisões sobre o gerenciamento das máquinas (GRISSE *et al.*, 1992). Segundo a norma ASAE D497.6 (2009), eficiência de campo é a relação entre a capacidade de campo efetiva de uma máquina pela sua capacidade de campo teórica.

Segundo Silveira *et al.* (2006) a capacidade de trabalho ou de campo das máquinas agrícolas é função dos seguintes fatores: largura de trabalho da máquina, velocidade de deslocamento, porcentagem de tempo parado ou não operado devido ao tempo gasto no deslocamento para a área a ser trabalhada e em manobras entre outras atividades que podem surgir durante o processo.

Deve-se evitar deslocamentos desnecessários ao utilizar equipamentos agrícolas, pois de acordo com Simões *et al.* (2011), as interrupções operacionais e a manutenção corretiva durante a operação podem reduzir aproximadamente em 16% o rendimento de campo efetivo nas operações agrícolas.

A capacidade de campo pode ser teórica, efetiva e operacional. A capacidade de campo teórica é obtida se o conjunto mecanizado trabalhar 100% do tempo em velocidade nominal, utilizando 100% de sua largura nominal. Segundo Balastreire (1987), a capacidade de campo efetiva (CcE) é obtida por meio da razão entre o desempenho real da máquina (área trabalhada) e o tempo total de campo, expressa, normalmente, em hectare por hora.

De acordo com American Society of Agricultural Engineers (1996) e Ribeiro (1997), a capacidade de campo operacional de uma semeadora adubadora é dependente do número de fileiras e do espaçamento entre fileiras adjacentes, da velocidade de deslocamento e da eficiência operacional de campo.

Segundo Balastreire (1990), a eficiência operacional de campo, para semeadoras tratorizadas, pode variar de 50% a 85%, dependendo da máquina, do tipo e umidade do solo, quantidade e forma de distribuição dos resíduos, formato da lavoura, embuchamentos, manobras, habilidade do tratorista e da sua autonomia. Já para Silveira (2006) a eficiência varia de 60 a 80%.

Rodrigues e Gamero (2006), comparando sistemas de manejo do solo e coberturas vegetais, através da capacidade de campo efetiva, consumo horário e operacional de combustível, verificaram que o sistema semeadura direta foi o que apresentou os melhores índices, independentemente das coberturas vegetais estudadas.

Rodrigues *et al.* (2011) estudando a capacidade operacional de um conjunto mecanizado em função de diferentes tipos de manejo do solo e velocidades de trabalho na

semeadura do sorgo forrageiro, identificaram melhor desempenho operacional quando trabalharam no solo sob SPD e com velocidade de 5 km h⁻¹. Ao avaliar um conjunto trator-semeadora na semeadura do milho, Mahl *et al.* (2004), verificaram que o aumento a velocidade de deslocamento do conjunto de 4,4 km h⁻¹ para 8,1 km h⁻¹, conseguiu-se incremento de 86 % da capacidade de campo efetiva.

Silveira *et al.* (2006) observaram no trabalho de semeadura uma eficiência média do conjunto trator-semeadora-adubadora de 49,2%. A velocidade média de operação foi de 3,4 km h⁻¹ com um CV de 20,4%. Os autores verificaram que a velocidade de operação variou bastante e as diferenças foram devidas às diferentes condições de solo durante a semeadura.

2.4.3 Patinamento

Patinamento é um movimento relativo na direção do movimento entre o elemento que oferece a tração e a superfície durante o deslocamento, ASAE (1982). Segundo Correia *et al.* (1995), o patinamento expresso em percentagem representa a perda de potência do motor por meio do rodado e esse fenômeno deve ser estudado, quantificado e reduzido, mas não totalmente eliminado.

Para que ocorra tração é necessário que exista patinamento, entretanto, se este ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados (Lanças; Upadhyaya, 1997). ASAE (1989) recomenda que, para operar 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.

O patinamento é um dos problemas que pode afetar o desempenho nos tratores contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível. Nos tratores agrícolas o patinamento dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado, tipo da banda de rodagem e condições de solo, a declividade e teor de água do solo (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997).

Levien *et al.* (1999) constataram maior patinamento das rodas motrizes do trator na semeadura em solo arado e escarificado, comparado ao sistema de plantio direto. Chioderoli *et al.* (2010), também verificaram que na semeadura em solo escarificado, os valores de patinamento foram superiores aos valores obtidos para a semeadura direta. Associaram o resultado ao fato de que na semeadura direta, por não haver revolvimento do solo, a rugosidade do terreno se mantém, resultando em menor patinamento das rodas, pois a superfície não revolvida apresenta menores obstáculos ao rolamento dos rodados.

O patinamento excessivo dos rodados pode proporcionar, perda da capacidade de tração, desgaste acentuado dos pneus com redução da vida útil, elevado consumo de combustível, menor velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado e conseqüentemente, menor capacidade de campo efetiva. Pode ainda afetar a qualidade de distribuição de sementes.

As máquinas agrícolas para semeadura, disponíveis no mercado, possuem mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes acionados pelo rodado, cuja eficiência tem relação direta com as condições do solo, a carga vertical, as características do pneu e propriedades físicas do solo. Estes fatores determinam o índice de patinamento dos rodados, que em áreas de sistema de semeadura direta apresentam menores índices, devido à menor resistência do solo ao rolamento, permitindo efetuar a operação de semeadura com maior teor de água no solo, em relação ao solo de preparo convencional (VIEIRA; REIS, 2001).

Vale *et al.* (2008) ao avaliarem o desempenho de uma semeadora em plantio direto e sistema convencional em solo do tipo Cambissolo, observaram os valores de 10,74 % e 7,18% de patinamento para a semeadura em solo preparado convencionalmente e plantio direto, respectivamente. Justificaram que no plantio convencional devido o solo encontrar-se mais solto, reduz a capacidade de aderência do pneu com o solo, ocorrendo maior patinamento. Já no plantio direto, como o solo não é mobilizado, pode-se considerá-lo firme e isso ajuda a diminuir o patinamento por favorecer a aderência do pneu com o solo.

Resultados contrários foram encontrados por Mahl (2006), evidenciando que a palhada, na superfície do solo, dificulta a aderência dos rodados do trator ao solo, podendo aumentar o patinamento dos mesmos, causando, por consequência, aumento significativo da demanda por força de tração e potência na barra.

Furlani *et al.* (2004), ao avaliarem o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em três sistemas de preparo do solo, observaram que o patinamento das rodas motrizes foi menor quando o trator trabalhou em solo não preparado, aumentando significativamente no preparo convencional e mais ainda no solo escarificado, observou o mesmo comportamento para a capacidade de campo efetiva, apresentando maiores resultados na semeadura direta.

2.4.4 Qualidade do processo de semeadura

A semeadora é o equipamento mais importante para o sucesso do plantio direto. As semeadoras-adubadoras realizam o corte da palhada, a abertura de sulcos no solo, dosagem das sementes, colocação das sementes nos sulcos, cobertura das sementes depositadas, fixação

da camada de solo em volta das sementes e aplicação, dosagem e incorporação dos fertilizantes. A máquina deve ainda garantir uniformidade de distribuição em todas as fileiras e colocar as sementes em profundidade uniforme (COPETTI, 2012).

Segundo Tourino (1986), a precisão na distribuição de sementes significa sua localização exata no sulco, segundo espaçamentos e quantidades regulares predeterminadas. Afirma, ainda, que a distribuição de sementes ao longo de uma fileira de semeadura, bem como a exata colocação do adubo, seja qual for o sistema adotado, são alguns dos aspectos mais importantes a serem considerados em relação às causas de baixas produtividades.

De acordo com Kurachi *et al.* (1986) e Tourino *et al.* (2002), estudos apontam a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade da cultura.

A correta distribuição longitudinal de sementes na fileira de semeadura, proporcionará um correto arranjo de plantas sendo de grande importância na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas para a produtividade da cultura. Este efeito tem maior significância no milho, devido a características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas (SANGOI, 2001).

Para se conseguir uma emergência e desenvolvimento uniforme das culturas é fundamental que se consiga uma semeadura eficiente. Em preparos conservacionistas, como o sistema plantio direto, esses requisitos aumentam de importância, pois as condições de solo, cobertura sobre a superfície geralmente não são tão favoráveis à semeadura, quando às em preparos com alta mobilização (JASA *et al.*, 1992).

Conforme Mantovani (2003), o milho é uma cultura que exige um bom estande de plantas com uma distribuição uniforme e os mecanismos dosadores, tem por função realizar a distribuição de sementes sem ocasionar danos mecânicos nas mesmas. Na condução das sementes até o fundo do sulco, podem-se citar, entre os principais fatores que reduzem a precisão da distribuição longitudinal de sementes, a perda de energia cinética devido ao contato com as paredes internas dos condutores e a velocidade de impacto da semente ao atingir o solo, provocando saltos e rolamento no fundo do sulco.

Pesquisas realizadas por Tourino *et al.* (1993), mostraram que a distribuição espacial das plantas na fileira de semeadura, pode determinar perdas em torno de 15 % ou mais, na cultura de milho. Conforme Mantovani (2003), o milho é uma cultura que exige um bom estande de plantas com uma distribuição uniforme e os mecanismos dosadores, tem por função realizar a distribuição de sementes sem ocasionar danos mecânicos nas mesmas.

A semeadora-adubadora que não apresentar precisão nos mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes pode comprometer a uniformidade na distribuição, que deve ser mantida independentemente de variações nas engrenagens, velocidade de deslocamento da máquina e quantidade de produto no reservatório (ANDERSSON, 2001).

A qualidade de semeadura e produtividade das culturas são, segundo Possebon (2011), fortemente influenciadas pela velocidade de deslocamento em semeadoras de precisão. Esse autor destacou o fato de velocidades mais elevadas aumentarem a capacidade operacional do equipamento e reduzirem custos operacionais. No entanto, para o referido autor, se ultrapassados determinados valores considerados ideais, isso pode comprometer o sucesso da semeadura.

A variação da velocidade na semeadura do milho pode afetar a produtividade desde que, com o incremento da velocidade aumente a quantidade de espaços falhos e duplos e, com isso a quantidade de plantas com espigas viáveis diminua (GARCIA, 2006).

No entanto, Mattar (2010) avaliando as condições de operação de uma semeadora adubadora de semeadura direta para a cultura do milho, utilizou duas velocidades (4,1 e 7,2 km h⁻¹). Observou que não houve variação significativa no espaçamento médio entre sementes em função da velocidade de deslocamento, para as duas velocidades testadas.

Kurachi *et al.* (1986) sugerem critérios para a classificação do desempenho de semeadoras com relação à uniformidade de espaçamento entre plantas nas fileiras. A semeadora tem ótimo desempenho se apresentar de 90% a 100% de uniformidade (espaçamentos aceitáveis), bom desempenho de 75% a 90%, regular de 50% a 75% e, abaixo de 50%, desempenho insatisfatório.

De acordo com Schuch e Peske (2010), em uma lavoura com alto potencial produtivo, as plantas estão sujeitas a competição entre si. Quanto mais próximas umas das outras, maior será o grau de competição e conseqüentemente, menor o rendimento de grãos dessas plantas. Portanto, espaçamentos equidistantes de plantas resulta em menor competição intra-específica e no aumento de seu rendimento (RAMBO *et al.*, 2003).

2.5 Análise econômica do consórcio milho com forrageira em ILP

O consórcio entre milho e espécies forrageiras perenes tem se tornado uma alternativa viável técnica e economicamente (Garcia *et al.*, 2012), permitindo a manutenção do milho, como cultura de rendimento econômico, e da braquiária com a produção de palha para cobertura do solo no período entre a colheita do milho e a semeadura da cultura seguinte, em geral a soja (CECCON, 2007).

Visto que o milho é o cereal mais produzido no Brasil, cultivado em cerca de 15,9 milhões de hectares, com produção aproximada de 67 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 4.189 kg por hectare, na safra 2015/2016 (CONAB, 2015), torna-se fundamental, em sistemas complexos como a ILP, o conhecimento dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

Devido aos grandes investimentos para a formação, recuperação, reforma, adubação e irrigação de pastagens, têm-se buscado técnicas visando a diminuição desses custos, sendo que a ILP sob SPD em diversas regiões do mundo tem se tornado opção vantajosa, beneficiando a produção de grãos e a pecuária, além de proporcionar resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000; LANDERS, 2007; TRACY; ZHANG, 2008).

Conforme Martha Júnior e Vilela (2007), a ILP passa a ser alternativa para viabilizar a correção da fertilidade do solo em pastagens e minimizar o risco de oscilações nos preços dos fertilizantes nos empreendimentos pastoris, visto que o preço relativo insumo-produto na produção de grãos tem sido mais estável do que na pecuária. Portanto, o risco associado ao uso de fertilizantes em pastagens na ILP é reduzido, em resposta a um ambiente menos dependente do uso de fertilizantes, sendo que com exceção do nitrogênio (N), geralmente o efeito residual das adubações na cultura de grãos, dispensa em curto e médio prazos (um a dois anos e meio) a adubação com fósforo e bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+).

Desse modo, a escolha pela adubação de pastagens na ILP é mais robusta frente a preços desfavoráveis (produto e insumos), além de aumento no retorno econômico quando as condições ambientais e econômicas são favoráveis em comparação à adubação em pastos exclusivos, bem como, a adubação nitrogenada da pastagem na ILP pode incrementar a produção animal e a produtividade de grãos da cultura subsequente (Martha Júnior; Vilela; Barcellos, 2006), proporcionando vantagens econômicas em relação a sistemas de produção não-integrados, que apresentam somente produção vegetal ou animal de forma isolada (FONTANELI *et al.*, 2000; SULC; TRACY, 2007),

A adubação de pastagens na ILP promove a diversificação de renda, resultante da produção vegetal e animal na mesma área (Fontaneli *et al.*, 2000) e da redução de riscos de insucesso econômico, já que há maior diversificação de atividades econômicas. Isso ocorre devido ao uso contínuo das áreas agrícolas (Moraes *et al.*, 2004) e à redução de custos de produção ocasionados pelas vantagens biológicas. Enfatiza-se que o aumento da renda por área é uma das principais necessidades da agricultura.

Cobucci *et al.* (2007) relataram que opções de ILP, incluindo o consórcio de culturas anuais com forrageiras, têm se apresentado como promissoras opções econômicas/ambientais de produção agrícola, sendo que, conforme Ceccon (2007), o retorno econômico do milho safrinha, consorciado com os capins Tanzânia, Marandu e Ruziziensis, foi maior, quando comparado ao milho safrinha sem consorciação. Da mesma forma, de acordo com Trecenti; Oliveira; Hass (2008), a ILP tem condições de viabilizar uma propriedade, já que o consórcio de milho com capim-marandu proporcionou incremento de 27% na rentabilidade da atividade, quando comparada com a cultura do milho sem consorciação.

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.

Trabalhos de Costa e Macedo (2001); Cobucci *et al.* (2007); Muniz (2007); Martha Júnior; Vilela; Sousa (2008), demonstraram as vantagens econômicas dos sistemas de ILP sobre os sistemas tradicionais contínuos, sendo que a maioria apresenta vantagens nas taxas de investimento e no valor presente líquido. Sistemas tradicionais de pastagem, embora apresentem resposta à adubação de manutenção, quando comparados aos não adubados e à pastagem degradada, não apresentam a mesma eficiência econômica, segundo Costa e Macedo (2001), se comparados aos sistemas de ILP.

Segundo Silva (2009), a agricultura pode ser considerada como uma atividade econômica de risco, visto que seu ambiente de produção é aberto e que se trabalha com incertezas das mais diversas possíveis, como o preço de venda de seus subprodutos e a consequente remuneração final do produtor. Por estes e outros fatores, a busca de um menor custo de produção na agricultura é luta vital para o aumento da margem de lucro e da subsistência em tal ramo da economia.

Para Silva *et al.* (2004), as informações relativas aos custos de todas as etapas de implantação de um projeto são extremamente necessárias para a viabilização de técnicas e/ou recursos empregados na produção agrícola. Pelloia e 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. Molin *et al.* (2006) complementam

que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões.

Na mensuração dos custos de um conjunto mecanizado, trator aliado a um implemento, contabiliza-se o tempo utilizado em horas, por isso denomina-se custo horário, o qual é calculado para cada parte do conjunto. 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 primordial é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando, assim, a grande influência dos custos na lucratividade da empresa.

O custo total do uso das máquinas agrícolas, segundo Balastreire (1990), 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.

De acordo com o IMEA (2015), para a produção do 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, aumentando os preços dos produtos importados.

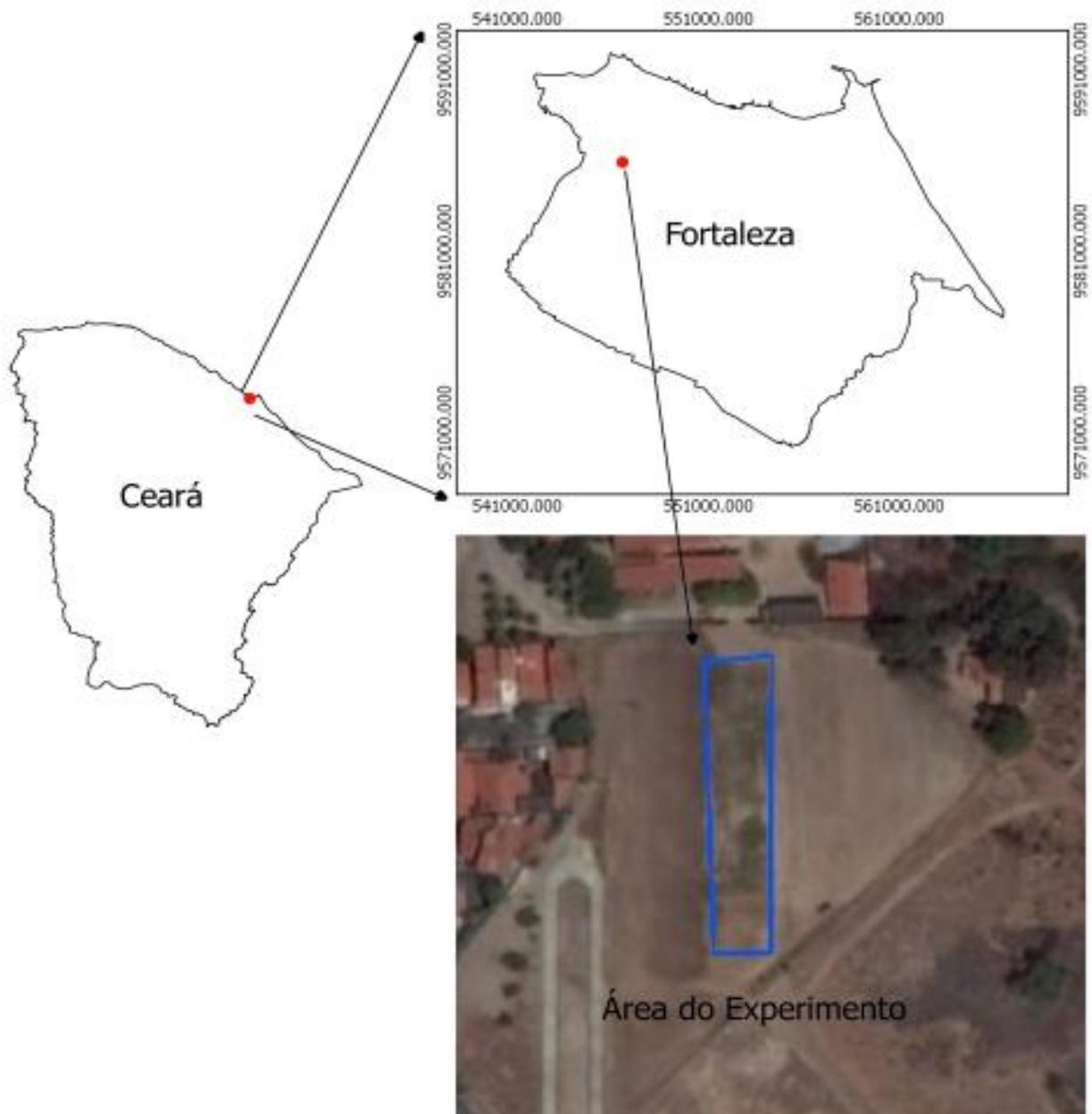
Ao analisarem a produtividade de grãos e os resultados econômicos de modalidades do cultivo de milho com forrageiras, na ILP, em sistema plantio direto, Garcia *et al.* (2012) observaram que o maior gasto com insumos foi com a compra das sementes de milho transgênico (45,88%, em média), seguido das despesas 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 que o próprio investimento; sendo, essa atividade interessante financeiramente, principalmente para os pequenos agricultores que buscam diversificar suas atividades e alcançar lucratividade. Além disso, a produção das forrageiras possibilita gerar renda com a produção de carne e leite.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido durante o período de dezembro de 2015 a março de 2016, em área experimental de mecanização pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC Campus do Pici), localizado próximo às coordenadas geográficas: latitude $3^{\circ}44'S$, longitude $38^{\circ}34'W$ de Greenwich e altitude de 19,5 m (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área experimental

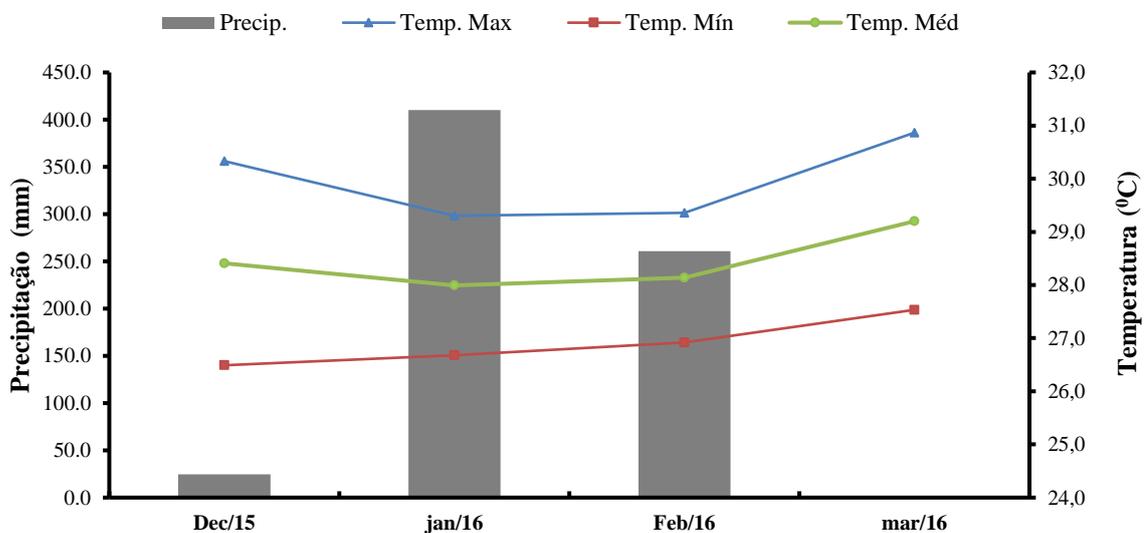


Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A área experimental está em processo inicial de implantação do sistema plantio direto. Em novembro de 2014 foram implantadas as forrageiras crotalária, sorgo e capim mombaça com intuito de formar palhada para a semeadura de milho, no mês de março de 2015. Na sequência, após manejo com herbicida, foi semeada a cultura do feijão, em agosto de 2015. Após a colheita e dessecação do feijão, no período de dezembro de 2015 a março de 2016, foi implantado o consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho.

Conforme a classificação de Köppen (1923), o clima da região onde foi realizado o experimento é definido como Aw', que indica tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C. Na Figura 2 encontram-se os dados de precipitação pluvial, as temperaturas máximas, mínimas e temperatura média do período de condução do experimento em campo, registrados na estação meteorológica do departamento de engenharia agrícola da UFC/ Fortaleza-CE.

Figura 2 - Precipitação pluvial (mm), médias de temperatura máxima, mínima e média (°C) durante a condução do experimento. Fortaleza, Ce



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo seguindo a metodologia da EMBRAPA (1999). Nas Tabelas 1, 2 e 3, encontram-se os valores obtidos da análise física e química do solo realizada antes da implantação do experimento, com o solo amostrado nas profundidades de 0,0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m.

Tabela 1 - Análise granulométrica do solo avaliada em diferentes profundidades

Camada	Argila	Silte	Areia		Classe
			Fina	Grossa	
0 - 20	108	64	316	512	Areia franca
20 - 40	147	51	296	506	Franco arenosa

Fonte. Elaborada pela autora.

Tabela 2 - Características químicas do solo avaliadas em diferentes profundidades

Camada	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³			%			
0-20	6,8	4,65	55	2,4	14	9,0	14,9	25,4	40,3	63
20-40	5,7	4,55	13	1,8	19	5,0	16,5	25,8	42,3	61

MO: matéria orgânica; P: fósforo em resina; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases do solo.

Fonte. Elaborada pela autora.

Tabela 3 - Caracterização física do solo da área experimental, em diferentes profundidades

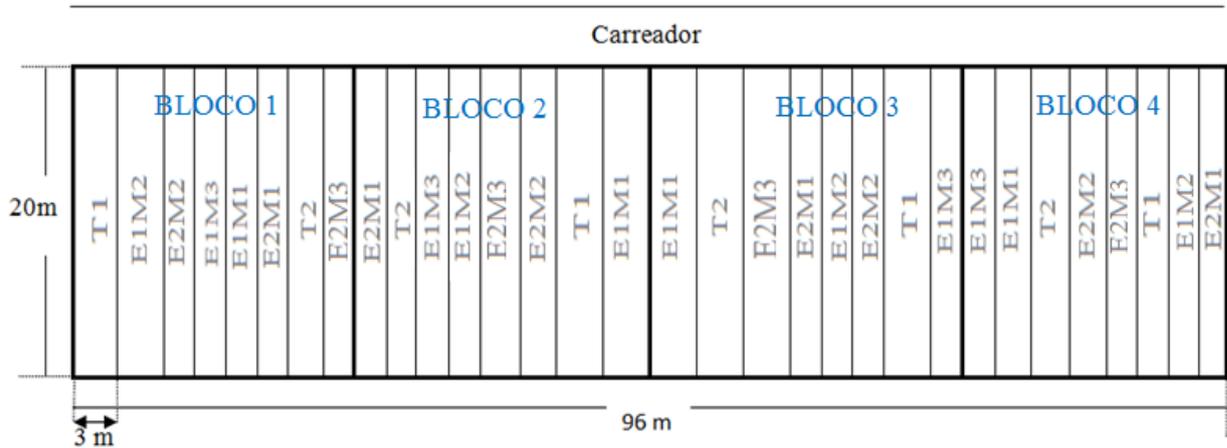
Profundidade (m)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,0 - 0,1	0,15	0,09	0,24	1,64
0,1 - 0,2	0,14	0,09	0,23	1,66
0,2 - 0,3	0,14	0,08	0,22	1,66

Fonte. Elaborada pela autora.

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x3) + 2, com quatro repetições, sendo dois espaçamentos do milho (0,45 e 0,9 m) e três modalidades de semeadura da forrageira (a lanço em pré-semeadura do milho, na fileira de semeadura junto ao fertilizante de base, a lanço pós-semeadura do milho) e como testemunha o milho solteiro nos dois espaçamentos, totalizando 32 unidades experimentais. Cada bloco possui área de 480 m², e foram constituídos por oito parcelas (Figura 3). As parcelas com o espaçamento de 0,90 m foram compostas por três fileiras de milho, com 3,0 m de largura e 20 m de comprimento, já as parcelas com o espaçamento de 0,45 m foram compostas por seis fileiras de milho. A área útil da parcela foi considerada, para o espaçamento de 0,90 m, a fileira central com 10 m de comprimento e, para o espaçamento de 0,45 m, as duas fileiras centrais com 10 m de comprimento cada.

Figura 3 - Croqui da área experimental



Fonte. Elaborada pela autora.

em que,

E1 = Espaçamento 1 – 0,45 m;

E2 = Espaçamento 2 – 0,90 m;

M1 = Modalidade 1 – forrageira semeada na mesma fileira do milho;

M2 = Modalidade 2 – Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho;

M3 = Modalidade 3 – Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho;

T1 = Testemunha 1 – milho solteiro com espaçamento de 0,45 m entre fileiras;

T2 = Testemunha 2 – milho solteiro com espaçamento de 0,90 m entre fileiras.

3.3 Condução do experimento

3.3.1 Irrigação

A área experimental recebeu irrigação suplementar pelo sistema de aspersão convencional, de acordo com a demanda hídrica dos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho e precipitação nos meses de cultivo, com menor intervalo de rega no período de maior demanda hídrica. Calculou-se a ET_0 pelo método do tanque classe A, obtendo-se os coeficientes do tanque pelo método proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). No cálculo da ETC, multiplicou a ET_0 com K_c dos diferentes estádios da cultura principal (milho).

3.3.2 Sementes

Foram utilizadas sementes do milho híbrido AG 1051, visando uma população de 60 mil plantas ha^{-1} , com densidade de semeadura de 8 sementes m^{-1} para o espaçamento de 0,90 m e 4 sementes m^{-1} para o espaçamento de 0,45 m, considerando os valores de

germinação (85%), pureza (93%), sobrevivência de plântulas (90%) e patinamento da semeadora (5%).

Na consorciação foram utilizados 12 kg ha⁻¹ de *Brachiária brizantha* cv. Marandu, com sementes certificadas e valor cultural de 50%.

De acordo com Melotto *et al.* (2014) a densidade de sementes para que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu forneça grande quantidade de matéria verde quando consorciada com milho pode atingir os 600 pontos de VC. Pontos de valor cultural é a quantidade de sementes, em kg ha⁻¹, multiplicada pelo valor cultural das mesmas.

3.3.3 Fertilizantes

Na adubação com NPK realizada por ocasião da semeadura, aplicou-se 300 kg ha⁻¹ da formulação NPK comercial (10-28-20), estabelecida conforme os resultados de análise química e fertilidade do solo. Na adubação de cobertura foi utilizado ureia e cloreto de potássio na quantidade de 311 e 100 kg ha⁻¹ respectivamente, fracionada em três vezes, sendo a primeira aplicada no estágio V₂, a segunda adubação de cobertura no estágio V₄ e a terceira no estágio V₆ de desenvolvimento do milho. A quantidade de adubo de cobertura foi determinada com base na análise de solo e exigência do milho para que expressasse seu potencial produtivo.

3.3.4 Defensivos agrícolas

Foi utilizado Glifosato em área total, antes da semeadura do milho, para a dessecação das plantas presentes na área experimental e também para dessecação da *Braquiária* 30 dias após a colheita do milho.

Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foi utilizado o produto Lanatte (i.a) na dose de 0,6 l ha⁻¹ do ingrediente ativo.

3.3.5 Máquinas e equipamentos

Para condução e instalação do experimento foram utilizados:

- Trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), modelo VALTRA A950, com potência máxima de 70,6 kW (96 cv) no motor, equipado com pneus diagonais 14.9 - 24 R-1 no eixo dianteiro e pneus 18.4 - 34 R-1 no eixo traseiro;
- Trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), de 88,26 kW (120 cv), equipado com pneus diagonais 14.9-24 R-1 no eixo dianteiro e pneus diagonais 18.4-34

R-1 no eixo traseiro, pressão de inflação de ar nos pneus de 110 e 124 kPa para os pneus dianteiro e traseiro, respectivamente;

- Pulverizador montado, com barra de 14 m de comprimento, provida de 28 pontas do tipo leque 110-02, espaçadas entre si por 0,50 m e tanque com capacidade de 600 L de calda, utilizado para aplicação de herbicidas;
- Semeadora pneumática de precisão da marca Jumil, modelo JM2090 PD, de três fileiras, peso aproximado de 1.160 kg, montada, com capacidade máxima de 39 L nos depósitos de adubo e sementes. Equipada com haste sulcadora para deposição de fertilizante, disco duplo desencontrado para deposição de sementes, disco vertical pneumático de dosagem de sementes e roda côncava de borracha para compactação das sementes;
- Pulverizador costal de 20L, utilizado na aplicação de inseticida;
- Ensiladora estacionária marca Nogueira modelo EN-9 F3B, utilizada para triturar o material vegetal para silagem;
- Estufa, para secar material vegetal e o solo;
- Balanças, usadas para pesagem do material vegetal e do solo;
- Mesa de tensão, para determinação da porosidade do solo;
- Paquímetro digital, para verificação do diâmetro do colmo das plantas de milho.

3.4 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise descritiva, para determinação dos parâmetros simetria e curtose, utilizados para verificação da normalidade dos dados conforme metodologia proposta por Mesquita *et al.* (2003). Após confirmação da normalidade dos dados foi realizado a análise de variância (ANOVA) para comparação das médias.

Todas as avaliações das características agronômicas do milho, da quantidade de matéria seca e do desempenho operacional foram realizadas em esquema fatorial 2x3, considerando os espaçamentos e as modalidades de semeadura.

Para comparação da testemunha com os demais tratamentos, utilizou-se o esquema fatorial (2x3) +1. Os dados foram submetidos ao Teste F e quando necessário foi aplicado o Teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias dos consórcios. Já para comparação do fatorial com a testemunha (milho exclusivo) foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$).

3.5 Determinação dos atributos físicos do solo

Foram retiradas amostras antes da implantação do experimento e após a colheita do milho em consórcio com a forrageira. Os dados obtidos antes da implantação foram utilizados para caracterização química e física da área experimental. Foram determinados os seguintes atributos físicos do solo: macroporosidade, microporosidade e porosidade total, pelo método da mesa de tensão, preconizado por Kiehl, (1979). Nas referidas avaliações foram utilizadas determinações volumétricas em monólitos com estrutura natural, com volume conhecido (100 cm^3), um ponto por parcela, nas camadas de 0,0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m, pela metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

3.6 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora

3.6.1 Velocidade de deslocamento

A velocidade real de deslocamento do conjunto trator-semeadora foi determinada em função do espaço percorrido em cada unidade experimental e do tempo de percurso realizado pelo trator, obtido com o uso do cronômetro digital. Equação 1.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T} \times 3,6 \quad (1)$$

em que:

V = velocidade (km h^{-1});

ΔS = espaço percorrido (m);

ΔT = tempo para percorrer a parcela (s);

3,6 = fator de conversão de unidades.

3.6.2 Capacidade de campo operacional

A capacidade de campo operacional foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora-adubadora, velocidade real de deslocamento em km h^{-1} e eficiência da operação da semeadora-adubadora de 75% (Equação 2), segundo ASAE (1997).

$$CCo = L \times V \times 0,36 \times 0,75 \quad (2)$$

em que,

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

L = Largura útil de trabalho da semeadora-adubadora (m);

V = Velocidade de descolamento (km h^{-1});

$$PS = \left[\frac{(N \times Pr) - Le}{(N \times Pr)} \right] \times 100 \quad (5)$$

em que,

PS = Patinamento da semeadora (%);

N = Número de voltas da roda motriz da semeadora;

Pr = Perímetro da roda motriz da semeadora (m);

Le = Comprimento da Linha experimental (m).

3.7 Avaliações agrônômica das culturas na produção de silagem

3.7.1 Número médio de dias para a emergência de plântulas de milho

Para a determinação do número médio de dias para emergência das plântulas foram feitas contagens diárias desde a primeira plântula emergida até a estabilização da contagem, na área útil de cada parcela experimental. Considerou-se como plântula emergida aquela que possibilitava a visualização de qualquer de suas partes, independentemente do local de observação. Posteriormente foi realizado o cálculo do número médio de dias para a emergência de plântulas de acordo com a Equação 6, proposta por Edmond e Drapala (1958).

$$N = \frac{[(N_1G_1) + (N_2G_2) + \dots + (N_nG_n)]}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} \quad (6)$$

em que,

N = Número médio de dias para emergência das plântulas;

N_i = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G_1 = Número de plantas emergidas na primeira contagem;

N_2 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G_2 = Número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e

G_n = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

3.7.2 Distribuição longitudinal de plântulas

A distribuição longitudinal na fileira de semeadura foi determinada logo após a estabilização da emergência, medindo-se a distância entre todas as plântulas de milho existentes na área útil de cada parcela experimental. Os espaçamentos entre plântulas (X_i) foram avaliados conforme classificação adaptada de Kurachi *et al.* (1989), determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes normais ($0,5 \times X_{ref} < X_i < 1,5 \times X_{ref}$),

múltiplos ($X_i \leq 0,5 \times X_{ref}$) e falhos ($X_i \geq 1,5 \times X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulagem da semeadora-adubadora. Considerando os valores de patinamento da semeadora e as características inerentes a semente, a semeadora foi regulada para distribuir 8 ou 4 sementes m^{-1} de acordo com o espaçamento entre fileiras, com espaçamento de referência de 0,12 m para o espaçamento de 0,90 m entre fileiras, desta forma, foram considerados como normais os espaçamentos entre sementes que estivessem entre 0,06 e 0,18 m, múltiplos os valores inferiores a 0,06 m e falhos os que se encontravam acima de 0,18 m. Para o espaçamento de 0,45 entre fileiras, o espaçamento de referência é de 0,25 m, sendo considerados como normais os espaçamentos entre sementes que estivessem entre 0,125 e 0,375 m, múltiplos os valores inferiores a 0,125 m e falhos os que se encontravam acima de 0,375 m.

3.7.3 População inicial e final de plantas

Para estas avaliações, foram contadas as plantas presentes na área útil de cada parcela no dia da estabilização da emergência das plântulas e no dia da colheita. Os valores encontrados foram extrapolados para número de plantas ha^{-1} .

3.7.4 Índice de sobrevivência de plantas

O índice de sobrevivência médio corresponde à proporção média de plantas que atingiram o ponto de colheita, em relação ao estande médio inicial de plantas obtido pela Equação 7.

$$IS = \frac{Pf}{Pi} \times 100 \quad (7)$$

em que,

IS = índice de sobrevivência médio de plantas (%);

Pf = estande final de plantas ($plantas\ ha^{-1}$);

Pi = estande inicial de plantas ($plantas\ ha^{-1}$).

3.7.5 Altura de planta, altura de inserção de 1ª espiga e diâmetro do colmo

A altura média das plantas de milho foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, medindo a distância entre o colo da planta até a inserção da folha bandeira (Figura 4). Foram tomadas medidas de dez plantas da área útil da parcela, quando o milho estava no estágio de florescimento.

Figura 4 - Medição da altura das plantas



Fonte. Autora, 2016.

A altura de inserção da 1ª espiga foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, medindo a distância entre o colo da planta até a base da primeira espiga (Figura 5) avaliada nas mesmas plantas citadas anteriormente.

Figura 5 - Avaliação da altura de inserção da primeira espiga



Fonte. Autora, 2016.

Utilizando paquímetro digital com precisão de 0,1 mm foi avaliado e determinado o diâmetro médio do colmo no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias (Figura 6), tomando como base as mesmas dez plantas utilizadas nas avaliações anteriores.

Figura 6 - Medição do diâmetro do colmo com paquímetro digital



Fonte. Autora, 2016.

3.7.6 Produção de matéria seca de silagem

Para esta avaliação foram coletadas, manualmente a 20 cm do solo, todas as plantas de milho e braquiária da área útil da parcela, no estágio R5 do milho, caracterizado pela transição do estado pastoso para o farináceo dos grãos, e ainda por conter teor de matéria seca (MS) de 30 a 35% segundo Carvalho, (2013). O material colhido foi picado mecanicamente em partículas de 1,0 a 2,0 cm de comprimento utilizando uma ensiladora estacionária. Na sequência, o material picado de cada parcela foi pesado em balança digital, e os valores transformados para determinação da produção de massa verde (kg ha^{-1}), em seguida foi retirado uma amostra, a qual foi pesada (massa úmida) e colocada em estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 72 horas, sendo novamente pesado (massa seca), para cálculo da produção de matéria seca de silagem em kg ha^{-1} .

3.8 Viabilidade econômica

Foi utilizada a estrutura do Custo Operacional Total (COT) de produção, proposta por Matsunaga *et al.* (1976), obtendo-se o Custo Operacional Efetivo (COE) e o Custo Operacional Total (COT). O COE constitui-se na soma das despesas diretas, como operações

mecanizadas, operações manuais, material consumido e despesas com serviços de terceiros. Acrescentou-se ao COE 5% do seu total, referente a outras despesas, formando-se, assim, o custo operacional total (COT).

Os valores unitários de cada item, referentes a janeiro de 2016, foram calculados da seguinte forma:

- Custo horário das máquinas e de implementos (HM): foram considerados os gastos efetuados com combustível, mais valor estimado para reparos e manutenção, taxa de seguro, taxa de alojamento e custo com operador. A depreciação foi calculada com base no método linear, considerando-se valor residual para o trator igual a 10% do valor novo, enquanto, para os implementos, o valor residual foi considerado zero.
- Os preços dos insumos utilizados foram obtidos na região metropolitana de Fortaleza.

Foram estimados os seguintes indicadores de lucratividade, conforme Martin *et al.* (1998): receita bruta (RB), sendo a produtividade de matéria verde de silagem pelo preço médio recebido pelo produtor, referente ao mês de abril de 2016, em Fortaleza; o lucro operacional (LO), calculado pela diferença entre a RB e COT; o índice de lucratividade, representado pela relação entre o LO e a RB em termos percentuais; bem como a relação custo/benefício.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

No Apêndice 1, encontram-se os coeficientes de simetria e curtose para as variáveis avaliadas. Pode-se observar que todos os valores obtidos para os referidos coeficientes estão dentro do intervalo de -2 e 2. De acordo com Montgomery (2004) valores dos coeficientes de simetria e curtose dentro do intervalo de -2 e 2 indicam que os dados seguem uma distribuição normal, representando pequeno desvio da distribuição normal, podendo ser considerada a hipótese de normalidade dos dados, condição necessária para realizar a análise de variância com segurança na obtenção dos resultados.

4.1 Características físicas do solo

Para os dados de macro e microporosidade do solo (Tabela 4), pode-se observar que a maioria das profundidades analisadas não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), em função dos fatores espaçamento e modalidades de semeadura.

Tabela 4 - Valores médios obtidos para Macroporosidade e Microporosidade em função do espaçamento e modalidades de semeadura

Causas de Variação		Profundidades (m)			Profundidades (m)		
		0,0 – 0,10	0,10 -0,20	0,20-0,30	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20 – 0,30
		Macroporosidade ($m^3 m^{-3}$)			Microporosidade ($m^3 m^{-3}$)		
Espaçamento (E)	E1	0,09	0,07 b	0,07	0,14	0,15	0,15
	E2	0,11	0,12 a	0,08	0,13	0,13	0,13
Modalidade (M)	M1	0,11	0,12	0,08	0,14	0,15	0,15
	M2	0,11	0,08	0,09	0,13	0,14	0,14
	M3	0,08	0,09	0,06	0,14	0,13	0,14
Valor de F	E	1,07 ^{NS}	4,67*	0,51 ^{NS}	0,32 ^{NS}	2,74 ^{NS}	1,26 ^{NS}
	M	0,90 ^{NS}	1,02 ^{NS}	0,70 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,47 ^{NS}
	M*E	0,20 ^{NS}	1,75 ^{NS}	1,25 ^{NS}	0,76 ^{NS}	1,72 ^{NS}	0,69 ^{NS}
DMS	E	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02
	M	0,07	0,07	0,05	0,04	0,05	0,03
CV (%)		53,38	57,36	52,84	24,83	28,63	20,97

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3 - modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Apenas na profundidade de 0,10 – 0,20 a macroporosidade apresentou diferença significativa, com maior valor no espaçamento de 0,90 m. Resultado que pode ser associado ao fato do menor espaçamento proporcionar melhor reestruturação dos agregados do solo, devido à maior exploração do solo pelo sistema radicular decorrente da distribuição mais equidistante das plantas na área, quando comparado ao espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Segundo Pires *et al.* (1998), a redução do espaçamento entre fileiras proporciona maior exploração do solo pelas raízes.

Os resultados encontrados nesse trabalho discordam de Pantano (2003) que, avaliando dois espaçamentos de milho consorciado com *Urochloa* em diferentes modalidades, não obteve diferença significativa para os valores de macroporosidade nas camadas de 0,0-0,30 m

Em relação às modalidades de semeadura não se observa diferença significativa para os dados de porosidade do solo em nenhuma profundidade analisada (Tabela 4). De acordo com Duarte e de Maria, (2013) um dos aspectos importante do Sistema Plantio Direto (SPD) é a melhoria esperada na qualidade do solo. As plantas forrageiras, principalmente as dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, apresentam um sistema radicular bastante longo e vigoroso, com capacidade de promover a reestruturação do solo, no entanto, esse efeito se dá em longo prazo e a área onde foi alocado o experimento do presente trabalho está na fase inicial de implantação do SPD.

Comportamento semelhante foi observado por Pantano (2003) que em estudo do consórcio de milho com *Urochloas* na região de Ilha Solteira, verificou que as modalidades de semeadura não afetaram os valores de porosidade do solo em nenhuma das camadas avaliadas.

Na Tabela 5 são apresentados os dados de macro e microporosidade do solo em todas as profundidades avaliadas, comparados ao milho solteiro espaçado a 0,45 m e com todos os tratamentos estudados no presente trabalho.

Observa-se que não houve diferença significativa para nenhuma variável em nenhum dos tratamentos utilizados, assim também como não diferiram da testemunha. De acordo com Andrade e Stone, (2009) um solo ideal para a produção agrícola deve apresentar porosidade total próxima a 50% e distribuição percentual de 34% de macroporos e 66% de microporos.

Tabela 5 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para macro e microporosidade do solo em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m

Causas de Variação		Profundidades (m)			Profundidades (m)		
		0,0–0,10	0,10–0,20	0,20–0,30	0,0–0,10	0,10–0,20	0,20–0,30
Espaçamento	Modalidade	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)			Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
E1	M1	0,11	0,07	0,05	0,15	0,18	0,17
E1	M2	0,09	0,08	0,10	0,13	0,14	0,14
E1	M3	0,06	0,06	0,06	0,13	0,15	0,14
E2	M1	0,07	0,17	0,10	0,18	0,11	0,13
E2	M2	0,08	0,07	0,08	0,14	0,15	0,13
E2	M3	0,06	0,12	0,7	0,15	0,11	0,14
T1		0,12	0,14	0,7	0,14	0,12	0,13
Valor F - Fatorial x Testemunha		3,30 ^{NS}	2,63 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,96 ^{NS}	0,16 ^{NS}
DMS		0,07	0,11	0,09	0,06	0,07	0,05
CV (%)		43,41	54,12	56,91	23,06	27,91	20,74

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. ^{NS}- não significativo ($p>0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Pode-se observar que, após a consorciação do milho com a forrageira (Tabelas 4, 5, 6 e 7) houve aumento da micro e redução da macroporosidade do solo e não alteração da porosidade total, em relação à análise inicial da física do solo (Tabela 3). Resultado que se deve a melhor exploração da área pelas raízes como já discutido anteriormente.

Na Tabela 6 estão apresentados os dados de macroporosidade e microporosidade do solo para todas as profundidades avaliadas, comparados ao milho solteiro espaçado a 0,90 m, bem como com todos os tratamentos estudados no presente trabalho. Observa-se que não houve diferença significativa para nenhuma variável em nenhum dos tratamentos utilizados, assim também como não diferiram da testemunha.

Ao analisar os sistemas de semeadura (fileira e entrefileira) nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m em Latossolo Vermelho Eutroférico; Seidel *et al.* (2014), também não observaram diferença significativa para macroporosidade e microporosidade do solo. Segundo os autores, os microporos são mais resistentes à deformação e, portanto pouco alterados pelo manejo em Latossolos.

Tabela 6 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para macro e microporosidade do solo em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m

Causas de Variação		Profundidades (m)			Profundidades (m)		
		0,0 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30	0,0 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30
Espaçamento	Modalidade	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)			Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
E1	M1	0,11	0,07	0,05	0,15	0,18	0,17
E1	M2	0,09	0,08	0,10	0,13	0,14	0,14
E1	M3	0,06	0,06	0,06	0,13	0,15	0,14
E2	M1	0,11	0,17	0,10	0,12	0,11	0,13
E2	M2	0,12	0,07	0,08	0,12	0,15	0,13
E2	M3	0,10	0,12	0,07	0,15	0,11	0,14
T2		0,05	0,08	0,09	0,18	0,14	0,12
Valor F - Fatorial x Testemunha		2,40 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,16 ^{NS}	6,40 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,77 ^{NS}
DMS		0,10	0,11	0,08	0,07	0,07	0,05
CV (%)		54,53	59,56	51,16	24,74	27,58	20,48

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS} - não significativo ($p > 0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Para os valores de porosidade total (Tabela 7) avaliados nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, observa-se que não houve diferença significativa entre as profundidades e também entre as modalidades de semeadura. A porosidade total do solo é constituída pela somatória dos valores de macroporosidade e microporosidade, que juntos formam 50% do seu volume, segundo Kiehl (1979). A diferença que houve na quantidade de macroporos não foi suficiente para afetar a quantidade de poros total.

Silva *et al.* (2014) ao avaliarem o comportamento dos atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico típico, também não verificaram alteração na quantidade de poros total em função da profundidade. No entanto, Spera *et al.* (2010) observaram que a porosidade total, na camada de 0,0-0,05 m, revelou valores maiores quando avaliaram os atributos físicos do solo, após dez anos de cultivo. De acordo com Marcolan e Anghinoni (2006), com o passar dos anos, a porosidade total do solo com sistema plantio direto pode aumentar parcialmente, com a melhoria da estrutura do solo.

Tabela 7 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para Porosidade Total do solo em função do espaçamento e da modalidade de semeadura

Fator		Profundidades (m)		
		0,0 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30
		Porosidade Total (m ³ m ⁻³)		
Espaçamento (E)	E1	0,23	0,23	0,22
	E2	0,25	0,25	0,22
(C)	M1	0,25	0,27	0,23
	M2	0,24	0,22	0,23
	M3	0,22	0,23	0,20
Valor de F	E	0,67 ^{NS}	0,87 ^{NS}	0,01 ^{NS}
	M	1,03 ^{NS}	1,44 ^{NS}	0,98 ^{NS}
	E*M	1,33 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,52 ^{NS}
DMS	E	0,03	0,04	0,03
	M	0,05	0,07	0,05
CV (%)		19,04	23,80	19,75

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 8 encontram-se os dados de porosidade total nas três profundidades avaliadas, comparados ao milho solteiro espaçado a 0,45 m e a 0,90 m, respectivamente e com todas as modalidades de semeadura. Observa-se que também não apresenta diferença significativa, resultado que pode ser associado ao fato de o sistema plantio direto está em fase inicial de implantação e os benefícios que o mesmo propicia a qualidade física do solo ainda não foram alcançados. Segundo Stone e Silveira (2001) e Oliveira *et al.* (2003) os atributos físicos do solo sob plantio direto podem ser melhorados, no entanto, a intensidade da melhoria depende do período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies cultivadas.

Seidel *et al.* (2014), avaliando as propriedades físicas do solo após o consórcio de milho com braquiária em função de modalidades e épocas de semeadura da forrageira, observaram maior porosidade total quando a braquiária foi semeada no sistema entrefileira simultaneamente ao milho. No entanto, a área na qual foi realizado o experimento vem sendo cultivada a mais de 20 anos no sistema de plantio direto.

Tabela 8 - Síntese da análise de variância e do teste de médias para porosidade total do solo em comparação com a testemunha no espaçamento (E1) de 0,45 m e no espaçamento (E2) de 0,90m

Causas de Variação		Profundidades (m)					
		0,0 – 0,10		0,10 – 0,20		0,20 – 0,30	
Espaçamento	Modalidade	E1	E2	E1	E2	E1	E2
		Porosidade Total (m ³ m ⁻³)					
E1	M1	0,27	0,27	0,25	0,25	0,23	0,23
E1	M2	0,23	0,23	0,22	0,22	0,24	0,24
E1	M3	0,20	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20
E2	M1	0,25	0,24	0,29	0,29	0,24	0,24
E2	M2	0,22	0,25	0,23	0,23	0,21	0,22
E2	M3	0,21	0,25	0,23	0,23	0,21	0,21
T1 - T2		0,26	0,24	0,27	0,22	0,22	0,21
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,22 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,24 ^{NS}
DMS		0,10	0,08	0,12	0,10	0,08	0,08
CV (%)		21,56	17,83	25,28	23,07	19,38	19,73

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

4.2 Desempenho energético e operacional

Na Tabela 9 encontram-se os resultados da análise de variância e os valores médios obtidos para o patinamento dos rodados dianteiro e traseiro do trator, patinamento/deslizamento da semeadora, consumo de combustível e capacidade de campo operacional.

O patinamento dos rodados do trator, tanto dianteiro quanto traseiro, não apresentou diferença significativa para as variáveis analisadas. No entanto, os valores observados encontram-se fora do padrão da ASAE (1989) que recomenda patinamento de 8 a 10% para que o trator opere com máxima eficiência de tração, em solos não mobilizados. Os valores de patinamento indicam que o trator poderia estar superdimensionado para a operação executada.

Garcia *et al.* (2006) afirmam que é importante conhecer a capacidade da máquina, a fim de selecionar potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando-se custos adicionais com máquinas superdimensionadas ou subdimensionadas, que são comuns em propriedades agrícolas.

Tabela 9 - Valores médios obtidos para o desempenho operacional e energético do conjunto trator – semeadora

Causas de Variação	Patinamento (%)		Deslizamento (%)	Cons. de Combustível	Cons. de Combustível	CCO (ha h ⁻¹)	
	RT	RD	Semeadora	(L h ⁻¹)	(L ha ⁻¹)		
Espaçamento (E)	E1	2,62	3,65	-11,11 a	10,78	9,23	1,16
	E2	3,29	4,89	-24,07 b	11,41	9,54	1,19
Modalidade (M)	M1	1,86	4,57	-14,58	10,66	9,06	1,17
	M2	1,92	4,46	-17,36	11,07	9,35	1,18
	M3	4,08	3,78	-20,83	11,56	9,75	1,17
Valor de F	E	0,84 ^{NS}	2,69 ^{NS}	25,56*	1,47 ^{NS}	0,55 ^{NS}	2,27 ^{NS}
	M	3,03 ^{NS}	0,43 ^{NS}	1,98 ^{NS}	0,98 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,03 ^{NS}
	E*M	0,48 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,22 ^{NS}	3,80*	2,12 ^{NS}	2,88 ^{NS}
DMS	E	1,54	1,58	5,38	1,09	0,88	0,04
	M	2,30	2,35	8,01	1,63	1,31	0,06
CV (%)		61,05	43,2	35,70	11,53	10,98	3,98

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$). RD – rodado dianteiro; RT – rodado traseiro. E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação; CCO - Capacidade de Campo Operacional.

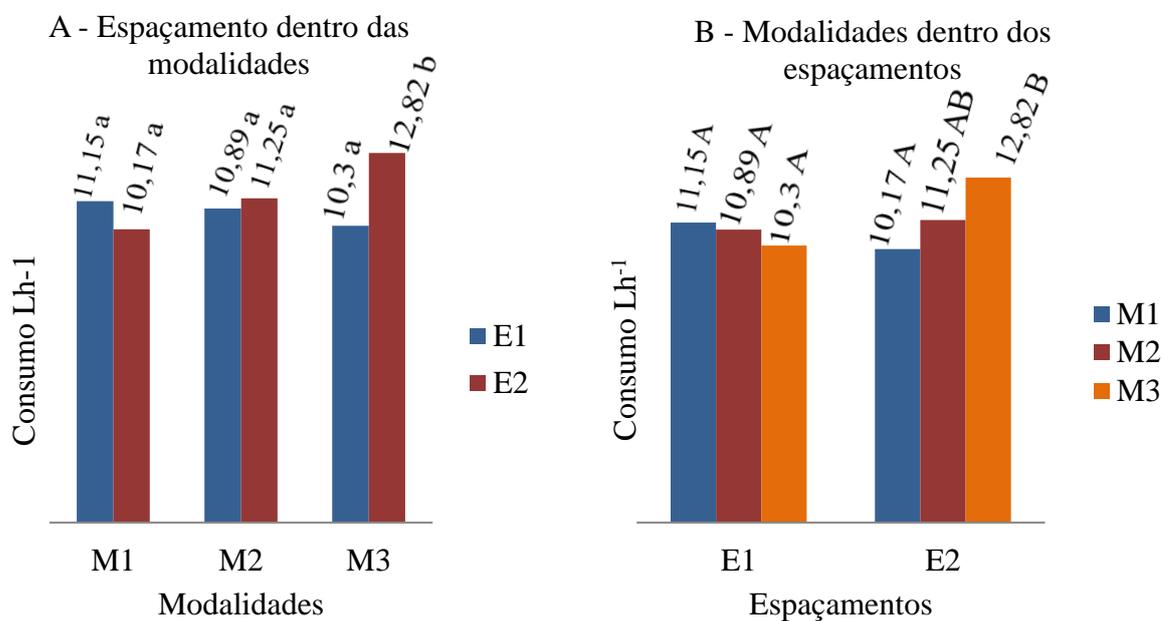
Para o deslizamento dos rodados da semeadora houve diferença significativa apenas para o fator espaçamento, apresentando menor valor no espaçamento 1 (0,45 m entre fileiras). Resultado que pode estar associado à concentração e distribuição da carga da semeadora sobre as fileiras, pelo fato de no menor espaçamento as mesmas se encontrarem próximas umas das outras, melhorando o contato rodado solo, contribuindo para menor deslizamento das rodas.

De acordo com Vieira e Reis (2001), a eficiência das semeadoras que possuem mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes acionados pelo rodado, possui relação direta com as condições de contato rodado-solo, sendo influenciada diretamente pela carga vertical. Também afirmam que o peso da semeadora influencia o patinamento dos rodados. De acordo com Kamphorst (2003), o patinamento pode causar variações de até vinte por cento ou mais, resultando menos sementes por hectare do que a taxa de sementes requerida.

O consumo de combustível em $L h^{-1}$ apresentou diferença estatística, sendo a interação entre os fatores significativa ($p < 0,05$). A capacidade de campo operacional não apresentou diferença entre os parâmetros avaliados, explicada pela utilização da mesma velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, bem como pela mesma largura útil de trabalho em todas as parcelas. O consumo de combustível por área também não apresentou diferença estatística, resultado que pode ser associado à CCO, uma vez que é obtido pela divisão do consumo horário pela CCO, e esta não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, como já explicado anteriormente. Chioderoli *et al.* (2013), avaliando o desempenho de trator agrícola em quatro modalidades de consórcio de milho com Urocloas mais a testemunha, também não verificaram influência dos tratamentos sobre os parâmetros operacionais. Resultado que consideraram muito importante, pois a alteração desses parâmetros pode afetar diretamente os custos operacionais.

Na Figura 7 encontram-se os resultados dos desdobramentos da interação entre os fatores espaçamento e modalidade de semeadura, para o consumo horário de combustível.

Figura 7 - Desdobramento da interação significativa para consumo horário de combustível na semeadura do milho em função do espaçamento e da modalidade de semeadura



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

Para o desdobramento dos espaçamentos dentro das modalidades observa-se diferença apenas na modalidade 3, com maior valor de consumo para o espaçamento 2 (0,90 m entre fileiras). No desdobramento das modalidades dentro dos espaçamentos, pode-se observar que no espaçamento 1 (0,45 m entre fileiras) não houve diferença significativa para

nenhuma modalidade de semeadura. No espaçamento 2 houve diferença significativa entre as modalidades 1 (forrageira semeada na fileira do milho) e modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho), sendo maior valor de consumo horário de combustível observado na modalidade 3. No entanto, o fator modalidade de semeadura não pode ter influenciado o consumo de combustível do conjunto mecanizado, levando em consideração que esses tratamentos ainda estavam sendo implantados, pois a forrageira na modalidade 3 seria semeada em pós-semeadura do milho, não podendo portanto, interferir nessa variável. Tais resultados podem estar relacionados a fatores não analisados no presente trabalho como as condições descritas por Mialhe (1996).

4.3 Características agrônômicas das culturas na produção de silagem

Na Tabela 10 encontram-se o resultado da Análise de variância obtidos para velocidade de deslocamento, espaçamentos normal, duplo e falho e matéria seca inicial, em função do espaçamento entre fileiras e modalidades de semeadura.

Tabela 10 - Valores médios obtidos para velocidade de deslocamento, espaçamento normal, espaçamento duplo, espaçamento falho e matéria seca inicial

Causas de Variação		Vel. (km h ⁻¹)	Esp. Normal (%)	Esp. Duplo (%)	Esp. Falho (%)	Matéria Seca Inicial (Kg ha ⁻¹)
Espaçamento (E)	E1	5,75	61,88 a	15,26	22,86 a	7.983
	E2	5,90	35,23 b	20,04	44,73 b	8.610
Modalidade (M)	M1	5,81	47,27	18,24	34,47	8.777
	M2	5,84	50,06	16,26	33,67	8.229
	M3	5,82	48,33	18,44	33,21	7.884
Valor de F	E	2,27 ^{NS}	28,14 *	1,22 ^{NS}	13,53 *	0,59 ^{NS}
	M	0,03 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,40 ^{NS}
	E*M	2,88 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,10 ^{NS}
DMS	E	0,19	10,69	9,00	12,48	1.736
	M	0,29	15,96	13,50	18,58	2.592
CV (%)		3,98	25,34	59,96	43,10	24,08

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *-significativo (p<0,05); ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Pode-se observar que a velocidade de deslocamento não apresenta diferença significativa (p<0,05) entre as variáveis analisadas, resultado justificado pela utilização da mesma marcha de trabalho e rotação no motor. Corroborando com os resultados obtidos por

Queiroz (2015), que avaliando o desempenho operacional do conjunto trator semeadora no consórcio de milho com *Urochloa*, trabalhou com os mesmos espaçamentos do presente trabalho não observando alteração na velocidade de deslocamento.

Com relação à distribuição longitudinal de plantas pode-se observar, ainda na Tabela 10, que houve diferença significativa para o fator espaçamento, com maior valor de distribuição normal e menor distribuição de falhos no espaçamento 1 (0,45 m entre fileiras) em relação ao espaçamento 2 (0,90 m entre fileiras) com menor e maior valor de distribuição normal e falhos, respectivamente. Resultado justificado pelo menor patinamento da semeadora no mesmo tratamento, e ainda pela menor densidade de plantas por m^{-1} . Dias *et al.* (2009), também observaram que o aumento do número de plantas por m^{-1} ocasionou em redução de espaçamentos aceitáveis entre plantas de milho. De acordo com Casão Júnior, *et al.* (2000), com o aumento na densidade de semeadura m^{-1} faz-se necessário o aumento da velocidade periférica do mecanismo dosador da semeadora, diminuindo sua precisão. Teixeira, Reis e Machado (2013), avaliando a qualidade da semeadura em diferentes velocidades periférica dos dosadores de sementes, constataram que em menores velocidades dos discos dosadores melhores foram as condições de distribuição longitudinal das sementes.

Os resultados para matéria seca inicial (Tabela 10) demonstram que não diferiram ($p < 0,05$) entre os tratamentos, inferindo que em todas as parcelas a quantidade de matéria seca inicial era igual. Esses resultados servirão para observar o comportamento do aporte de palhada na superfície de acordo com os tratamentos avaliados.

Na análise comparativa do milho exclusivo (testemunha) no espaçamento de 0,45 m entre fileiras com os demais tratamentos, para a variável velocidade de deslocamento, espaçamento falho e duplo entre plântulas de milho e quantidade de matéria seca inicial (Tabela 11), não apresentaram diferenças significativas, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Para o espaçamento normal entre plantas o milho solteiro a 0,45 m obteve melhores resultados quando comparados aos tratamentos no espaçamento de 0,90 m e em nada diferindo dos tratamentos sem consórcio no mesmo espaçamento. Resultado que pode ser associado ao fato de no maior espaçamento entre fileiras diminuir-se o espaçamento entre plantas e conseqüentemente há aumento de velocidade periférica do disco dosador para que mais sementes por metro sejam distribuídas, o que proporciona o aumento dos espaçamentos duplos e falhos, bem como a redução do espaçamento normal.

Tabela 11 - Valores médios obtidos para velocidade de deslocamento, espaçamento normal, falho e duplo e matéria seca inicial em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m

Causas de Variação		Vel. (Km h ⁻¹)	Esp. Normal (%)	Esp. Duplo (%)	Esp. Falho (%)	Mat. Seca Inicial (Kg ha ⁻¹)
Espaçamento	Modalidade					
E1	M1	5,88	63,15 a	14,56	22,27	8.676,31
E1	M2	5,77	62,49 a	12,42	25,07	7.944,97
E1	M3	5,61	59,99 a	18,79	21,20	7.328,51
E2	M1	5,75	31,38 b	18,17	50,43	8.877,08
E2	M2	5,92	37,62 b	20,09	42,27	8.512,63
E2	M3	6,03	36,67 b	18,09	45,22	8.439,39
T1		5,81	66,28 a	10,33	23,38	8.415,08
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,01 ^{NS}	6,92*	1,26 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,01 ^{NS}
DMS		0,43	24,59	21,74	31,33	4.618,42
CV (%)		3,79	24,41	68,61	48,40	28,17

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. *- significativo ($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo ($p > 0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T1 - milho solteiro a 0,45 m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 12, estão apresentados os dados de velocidade de deslocamento, espaçamento normal, espaçamento falho e espaçamento duplo entre plântulas de milho e quantidade de matéria seca inicial para a testemunha no espaçamento de 0,90 m entre fileiras em comparação com os demais tratamentos, pode-se observar que essas variáveis não apresentaram diferenças significativas, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Ao comparar a testemunha 2 (milho solteiro a 0,9 m) com os demais tratamentos, para a variável espaçamento normal entre plantas, houve diferença significativa entre testemunha e os tratamentos E1M1 (espaçamento de 0,45 m com *Brachiaria* semeada na fileira) e E1M2 (espaçamento de 0,45 m com *Brachiaria* semeada a lanço em pré-semeadura do milho), que apresentaram maiores valores de espaçamentos normais, apontando esses consórcios como mais viáveis em comparação ao milho solteiro a 0,90 m, para a variável analisada.

Tais resultados apontam que o espaçamento entre fileiras de milho interferiu na distribuição longitudinal de plantas de milho, com melhores resultados para o espaçamento de 0,45 m, associado a qualquer modalidade de semeadura da forrageira *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, ou mesmo o milho solteiro.

Tabela 12 - Valores médios obtidos para espaçamento normal, falho e duplo, número de dias para emergência e população inicial de plantas de milho em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m

Causas de Variação		Vel. (Km h ⁻¹)	Esp. Normal (%)	Esp. Duplo (%)	Esp. Falho (%)	Mat. Seca Inicial (Kg ha ⁻¹)
Espaçamento	Modalidade					
E1	M1	5,88	63,15 a	14,56	22,27	8.676
E1	M2	5,77	62,49 a	12,42	25,07	7.945
E1	M3	5,61	59,99 b	18,79	21,20	7.329
E2	M1	5,75	31,38 b	18,17	50,43	8.877
E2	M2	5,92	37,62 b	20,09	42,27	8.513
E2	M3	6,03	36,67 b	18,09	45,22	8.439
T2		5,74	35,96 b	18,00	46,02	6.976
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,41 ^{NS}	3,46 [*]	0,02 ^{NS}	1,90 ^{NS}	1,39 ^{NS}
DMS		0,47	24,68	22,31	30,68	4.091,25
CV (%)		4,12	26,77	65,93	43,14	25,59

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *- significativo (p<0,05); NS- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T2 - milho solteiro a 0,90 m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 13 estão apresentados os valores médios do número de dias para emergência, população inicial de plantas de milho, população final e Índice de sobrevivência das plantas, avaliados para os fatores espaçamento e modalidades de semeadura.

Tabela 13 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial de plantas de milho, população final e Índice de sobrevivência das plantas em função do espaçamento e modalidades de semeadura

Causas de Variação		Nº Dias Emergência	Pop. Inicial (pl.ha ⁻¹)	Pop. Final (pl.ha ⁻¹)	IS (%)
Espaçamento (E)	E1	5,63 a	76.574 a	67.685 a	88,37
	E2	6,31 b	61.574 b	48.889 b	78,15
Modalidade (M)	M1	5,85	71.944	62.500	85,44
	M2	5,88	66.944	56.667	84,22
	M3	6,18	68.333	55.694	80,13
Valor de F	E	4,61 [*]	6,00 [*]	5,91 [*]	2,19 ^{NS}
	M	0,44 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,21 ^{NS}
	E*M	0,17 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,11 ^{NS}
DMS	E	0,66	13.211	16.233	14,48
	M	0,98	19.666	24.166	21,55
CV (%)		12,90	22,31	32,48	20,29

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *- significativo (p<0,05); ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho); DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Pode-se observar que nenhuma das variáveis apresentou diferença significativa para as modalidades de semeadura, provavelmente pelo fato da emergência e desenvolvimento inicial do milho serem mais rápidos que das forrageiras, não ocorrendo assim interferência das forrageiras no desenvolvimento do milho. Esses resultados corroboram os obtidos por Chioderoli, (2013) quando também não observou influência das modalidades de semeadura das forrageiras na emergência, população e sobrevivência das plantas de milho.

O número de dias para emergência apresentou diferença significativa para o tratamento espaçamento, apresentando maior valor no espaçamento 2 (0,90 m). De acordo com Sangoi *et al.* (2012) quando se trabalha com altas densidades e espaçamentos amplos entre fileiras, a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes inicia precocemente. Isto dificulta o estabelecimento das plântulas com emergência tardia, favorecendo o aparecimento de plantas dominadas na comunidade, que terão o seu desenvolvimento fenológico, morfológico e fisiológico comprometido.

A população inicial de plantas de milho também apresentou diferença significativa para o espaçamento entre plantas, onde o milho cultivado no espaçamento 2 (0,90 m) resultou em menor estande inicial. Esta redução no estande pode estar associada com o maior número de espaçamento falho no mesmo tratamento (Tabela 10). Borghi, Crusciol e Costa (2006), também verificaram redução na população inicial de plantas de milho em consorcio com forrageiras, associaram o resultado à competição entre a cultura e as plantas daninhas. De acordo com Pantano (2003), ocorre maior incidência de plantas daninhas com o milho semeado no espaçamento entrefileiras de 0,90 m em comparação ao milho a 0,45 m, devido à maior necessidade de tempo para ocorrer o fechamento das entre fileiras pelas folhas da cultura.

A população final de plantas apresentou comportamento semelhante à inicial, com menor estande no espaçamento de 0,90 m entre fileiras. Resultado que é consequência direta do estande inicial, agravado pela podridão do colmo que atacou as plantas de milho durante a fase de pendoamento (R1). Embora o Índice de sobrevivência não tenha apresentado diferença significativa, observa-se que o espaçamento 2 (0,90 m) apresentou menor valor quando comparado ao espaçamento 1, contribuindo para menor estande final de plantas. Em estudos sobre o desempenho agrônômico do milho sob diferentes espaçamentos, Valente *et al.* (2015) verificaram que o menor espaçamento proporciona maior estande inicial e final de plantas e que o índice de sobrevivência não foi afetado pelo fator avaliado.

Nas Tabelas 14 e 15 são apresentados os dados de número de dias para emergência, população inicial, população final e índice de sobrevivência das plantas de milho, comparados ao milho solteiro espaçado a 0,45 m e 0,90 m, respectivamente, comparando-os com todos os tratamentos estudados no presente trabalho.

Tabela 14 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial, população final e índice de sobrevivência de plantas em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m

Causas de Variação		Nº Dias	Pop. Inicial	Pop. Final	IS
Espaçamento	Modalidade	Emergência	(pl.ha ⁻¹)	(pl.ha ⁻¹)	(%)
E1	M1	5,40	77.778	72.778	92,89
E1	M2	5,53	71.667	62.778	88,20
E1	M3	5,96	80.278	67.500	84,02
E2	M1	6,29	66.111	52.222	77,99
E2	M2	6,24	62.222	50.556	80,23
E2	M3	6,40	56.389	43.889	76,23
T1		5,49	78.611	66.944	84,16
Valor F - Fatorial x Testemunha		1,42 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,68 ^{NS}	0,01 ^{NS}
DMS		1,45	32.10	38,06	31,14
CV (%)		12,50	23,11	32,43	18,94

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T1 - milho solteiro a 0,45 m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Observa-se resultado não significativo pelo Teste de Dunnett (p<0,05) para as variáveis analisadas. Inferindo que o consórcio da forrageira com o milho não interferiu no desenvolvimento e sobrevivência das plantas de milho, corroborando com Kluthcouski e Yokoyama (2003) quando relatam que não há competição pela diferença de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies *Brachiaria*/milho em consórcio.

Mendonça (2012), avaliando o consórcio de milho com forrageiras para produção de silagem, em diferentes modalidades de semeadura (na fileira de semeadura do milho, a lanço simultâneo a semeadura do milho e a lanço no estágio V4 – e milho sem consorciação); observou que os componentes morfológicos estudados não apresentaram diferenças significativas para a análise dos fatores.

Mello *et al.* (2007), em trabalho de consorciação de milho com forrageiras, em dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m), e diferentes modalidades de semeadura (na fileira, na entrefileira e a lanço na época da adubação de cobertura), também não obtiveram diferenças significativas nos valores de população de plantas, quando comparado com o milho solteiro.

Tabela 15 - Valores médios obtidos para número de dias para emergência, população inicial, população final e índice de sobrevivência de plantas em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m

Causas de Variação		Nº Dias Emergência	Pop. Inicial (pl ha ⁻¹)	Pop. Final (pl ha ⁻¹)	IS (%)
Espaçamento	Modalidade				
E1	M1	5,40	77.778	72.778	92,89
E1	M2	5,53	71.667	62.778	80,20
E1	M3	5,96	80.278	67.500	84,02
E2	M1	6,29	66.111	52.222	77,99
E2	M2	6,24	62.222	50.555	80,23
E2	M3	6,40	56.389	43.889	76,23
T1		5,98	69.167	47.778	70,04
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,15 ^{NS}	1,96 ^{NS}
DMS		1,45	29.004	35.665	34,41
CV (%)		12,38	21,29	31,85	21,45

Médias sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T2 - milho solteiro a 0,90 m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 16 pode-se observar que para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo e número de espigas por planta os tratamentos não apresentaram diferença significativa (p<0,05), pelo teste de Tukey, demonstrando que o espaçamento entre fileiras de milho e as modalidades de semeadura da *Brachiaria* não interferiram nas características fitotécnicas do milho. Resultado que pode ser explicado devido às variáveis serem fortemente relacionadas com características genéticas e as avaliações são realizadas no estágio reprodutivo. Viégas e Peeten (1987) afirmam que, quando a planta se aproxima do estágio reprodutivo, se o ambiente for propício, a tendência é de todas as plantas se igualarem, pois a conformação final da planta é determinada geneticamente.

Resultados obtidos por Torres *et al.* (2013) corroboram os obtidos nesse trabalho, avaliando diferentes híbridos de milho em diferentes espaçamentos entre fileiras, observaram que os espaçamentos de 0,45 m e 0,90 m não interferiram nas características fitotécnicas. Estevam *et al.* (2014) avaliando o sistema de consorciação de forrageiras com milho em diferentes modalidades de semeadura, também não verificaram diferença significativa para as características fitotécnicas do milho.

Tabela 16 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem

Causas de Variação		Altura plantas (m)	Altura Ins. 1ª espiga (m)	Diâm. Colmo (cm)	Nº Espigas/ Planta	Matéria Fresca (kg.ha ⁻¹)	Matéria seca silagem (kg.ha ⁻¹)
Espaçamento (E)	E1	1,93	1,18	19,44	1,00	21.500 a	7.882
	E2	1,86	1,11	19,30	1,02	35.305 b	6.349
Modalidade (M)	M1	1,92	1,17	19,31	1,00	27.458	6.637
	M2	1,88	1,14	19,54	1,01	30.819	7.712
	M3	1,88	1,12	19,26	1,01	26.930	6.997
Valor de F	E	0,88 ^{NS}	1,52 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,20 ^{NS}	6,52*	1,63 ^{NS}
	M	0,11 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,27 ^{NS}
	E*M	0,38 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,05 ^{NS}	2,10 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,23 ^{NS}
DMS	E	0,16	0,13	1,83	0,03	11.357	2.515
	M	0,24	0,19	2,72	0,04	26.930	3.744
CV (%)		10,06	13,25	11,03	3,67	46,64	41,23

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS}- não significativo (p>0,05). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). DMS - diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Ainda na Tabela 16 pode ser observado que o consórcio no espaçamento de 0,45 m proporcionou menor quantidade de matéria fresca de silagem, diferindo estatisticamente do espaçamento de 0,90 m. Para a Matéria seca observa-se que não houve diferença significativa, no entanto para o espaçamento de 0,45 m a quantidade foi superior. Segundo Amaral Filho *et al.* (2005) a redução do espaçamento entre fileiras otimiza a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar mesmo nos estádios fenológicos iniciais, melhorando o aproveitamento de água e nutrientes, reduzindo a competição ínter e intra-específica por esses fatores, aumentando a matéria seca e a produção de grãos.

Observa-se que a quantidade de matéria seca produzida está bem inferior a média nacional, no entanto, Paziani *et al.* (2016) afirmam que a produtividade das cultivares varia conforme a localidade. Os mesmos avaliaram a produtividade de matéria seca de milho em três cidades no estado de São Paulo, observaram que o híbrido AG 1051, mesmo utilizado no presente trabalho, apresentou produtividade máxima de 11.609 kg ha⁻¹ na cidade de Tatuí, enquanto na cidade de Votuporanga produziu apenas 8.092 kg ha⁻¹, comprovando a interação com o ambiente.

De acordo com Bergamaschi e Matzenauer (2014) os fatores clima e solo são referidos como os mais importantes para o desenvolvimento das culturas e para a definição de sistemas de produção. O solo onde foi conduzido o experimento do presente trabalho tem 80% de areia na sua composição, sabe-se que a capacidade de troca de cátions de solos arenosos é baixa, quando comparado a solos argilosos, e mesmo parcelando a adubação de cobertura provavelmente ocorre lixiviação dos nutrientes, o que interfere diretamente no estado nutricional das plantas e conseqüentemente na produtividade.

Segundo Lawton *et al.* (1978) o nitrogênio, na forma de nitratos ou amônio, e o potássio são facilmente lixiviados quando a precipitação pluviométrica ou irrigação excede à evapotranspiração e quando o conteúdo de matéria orgânica ou de argila é relativamente baixo. Ainda segundo os autores, a perda de nutrientes solúveis, aplicados na superfície do solo, pode ser especialmente grande nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas anuais, quando o sistema radicular é, geralmente, pouco desenvolvido. Se a lixiviação é intensa e continuada, os nutrientes serão transportados até profundidades onde o sistema radicular não atingirá.

A temperatura é outro fator que pode ter contribuído para a baixa produção de matéria seca, observa-se na Figura 1 que a temperatura média durante a fase de pendoamento do milho foi em torno de 27 °C. Altas temperaturas (sobretudo durante a noite) podem reduzir a assimilação líquida das plantas, devido ao aumento das perdas por respiração. Noites quentes durante o florescimento podem reduzir o número de grãos, afetando a sobrevivência e desenvolvimento inicial dos grãos (NIELSEN, 2005).

Avaliando as prováveis limitações do milho no Estado de São Paulo, Brunini *et al.* (2006) observaram que, em algumas situações, temperaturas noturnas elevadas podem comprometer o rendimento de grãos do milho. Segundo os autores, mesmo em locais de média latitude os riscos de altas temperaturas no florescimento ou formação de espigas podem comprometer a formação de espigas e grãos e reduzir a produtividade.

Durante a condução do experimento ocorreram alguns problemas no sistema de irrigação o que também pode ter afetado o desenvolvimento das plantas por déficit hídrico. Segundo Bergamaschi e Matzenauer (2014), quando o milho se encontra no estágio de florescimento, o déficit hídrico afeta a polinização e a formação inicial dos grãos, resultando em diminuição do número de grãos por espiga. Bergamaschi e Rosa (1999) observaram que o déficit hídrico diminuiu o crescimento vegetativo do milho, reduzindo o índice de área foliar e a produção de matéria seca.

O milho solteiro T1 espaçado a 0,45 m e T2 espaçado a 0,90 m entre fileiras, comparados aos tratamentos consorciados demonstram que para as variáveis altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo e número de espiga por planta não diferiram estatisticamente pelo Teste de Dunnett ($p>0,05$), demonstrando que o consórcio do milho com a *Brachiaria brizantha* não interferiu nessas características do milho (Tabelas 17 e 18).

De acordo com os resultados obtidos para o milho solteiro nos dois espaçamentos e as modalidades de semeadura da forrageira, pode-se afirmar que o consórcio do milho com a *Brachiaria* foi benéfico, pois não interferiu nas características fitotécnicas do milho e levando em consideração que para a manutenção do sistema plantio direto o consórcio é essencial, mesmo não havendo efeito positivo dos tratamentos sobre as variáveis, recomenda-se que o consórcio seja adotado pelos inúmeros benefícios que o mesmo propicia ao solo e a cultura sucessora.

Tabela 17 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,45 m

Causas de Variação		Altura plantas (m)	Altura Ins. 1 ^a espiga (m)	Diâmetro Colmo (cm)	Nº Espiga/ Planta	Matéria Fresca (kg.ha ⁻¹)	Matéria seca silagem (kg.ha ⁻¹)
Espaçamento	Modalidade						
E1	M1	1,95	1,20	19,52	1,00	21.944	7.772
E1	M2	1,96	1,21	19,65	1,02	22.083	7.905
E1	M3	1,87	1,14	19,14	1,00	20.472	7.969
E2	M1	1,89	1,13	19,09	1,05	32.972	5.502
E2	M2	1,80	1,08	19,43	1,00	39.555	7.518
E2	M3	1,88	1,11	19,38	1,07	33.389	6.026
T1		1,81	1,07	19,89	1,00	20.305	7.581
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,67 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,52 ^{NS}	1,35 ^{NS}	0,08 ^{NS}
DMS		0,38	0,30	4,08	0,12	25.364	5.710
CV (%)		10,41	13,57	10,66	6,23	47,21	40,32

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *- significativo ($p<0,05$); ^{NS}- não significativo ($p>0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T1 - milho solteiro a 0,45 m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos, (2016), Queiroz (2015) que ao avaliarem o consórcio de milho com forrageiras e milho solteiro também não verificaram diferença significativa para as características fitotécnicas do milho.

A quantidade de matéria fresca e matéria seca de silagem também não diferiram estatisticamente pelo Teste de Dunnet ($p>0,05$), para o milho solteiro espaçado a 0,45 m ou a 0,90 m entre fileiras, nem quando comparados aos tratamentos consorciados. Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Mendonça (2012), em trabalho realizado com *B. brizantha* e *P. maximum* semeadas na fileira e a lanço, não obtendo diferenças estatísticas na quantidade de matéria seca, mostrando a inexistência da influência da presença das braquiárias no desenvolvimento e produtividade da cultura.

Correia, Leite e Daniel (2011), avaliaram os efeitos do consórcio de milho com *P. maximum* em dois arranjos, na fileira e a lanço, não observaram efeito significativo das formas de semeadura nas características agrônômicas avaliadas no milho, de modo que os tratamentos de consórcio não influenciaram no desenvolvimento das plantas de milho, comparado ao tratamento de milho sem consórcio, fato semelhante aos resultados obtidos neste estudo.

Tabela 18 - Valores médios obtidos para altura de planta, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de espigas por plantas, matéria fresca e matéria seca de silagem em comparação com a testemunha no espaçamento de 0,90 m

Causas de Variação		Altura plantas (m)	Altura Ins. 1ª espiga (m)	Diâmetro Colmo (cm)	Nº Espigas/ Planta	Matéria Fresca (kg.ha ⁻¹)	Matéria seca (kg.ha ⁻¹)
Espaçamento	Modalidade						
E1	M1	1,95	1,20	19,52	1,00	21.944	7.772
E1	M2	1,96	1,21	19,65	1,02	22.083	7.905
E1	M3	1,87	1,14	19,14	1,00	20.472	7.969
E2	M1	1,89	1,13	19,09	1,05	32.972	5.502
E2	M2	1,80	1,08	19,43	1,00	39.555	7.519
E2	M3	1,88	1,11	19,38	1,07	33.389	6.026
T2		1,98	1,20	19,96	1,02	41.611	7.375
Valor F - Fatorial x Testemunha		0,62 ^{NS}	0,49 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,01 ^{NS}	3,77 ^{NS}	0,03 ^{NS}
DMS		0,38	0,31	4,25	0,13	24.831,22	5.460,72
CV (%)		10,21	13,61	11,08	6,47	41,58	38,72

Médias seguidas de mesma letra ou sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. *- significativo ($p<0,05$); ^{NS}- não significativo ($p>0,05$). E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T2 – Milho solteiro no espaçamento 0,90m; DMS- diferença mínima significativa. CV- coeficiente de variação.

Leonel *et al.* (2009) testaram o consórcio de milho com *U. brizantha* em diferentes cultivos na fileira e na entrefileira do milho e a *Urochloa* e o milho em cultivo exclusivo, com o objetivo de contrastar suas produtividades com as dos diferentes arranjos em

consórcio. Os autores afirmaram que a produção do milho não foi afetada pelo consórcio com *Urochloa*, portanto, não diferindo do cultivo exclusivo de milho.

4.4 Análise econômica

Na Tabela 19 encontram-se os custos de produção para a instalação de 1 ha de milho consorciado com *Braquiária brizanta*, os quais atingem o valor total de R\$ 5.026,99.

O Custo Operacional Efetivo (COE), que representa o desembolso realizado pelo produtor, foi de R\$ 4.787,6, representando 95,2% do total de custos. As despesas com insumos representaram 48,3% do COT e as operações 47%.

Tabela 19 - Custo de produção para a instalação de 1 ha de milho em consorciação com *Braquiária brizanta*

Descrição	Quantidade	Especificação ⁽¹⁾	Valor unitário	Valor Total
A. Insumos				
Fertilizantes de plantio (10-28-20)	300	Kg	1,4	420
Cloreto de potássio	100	Kg	2	200
Ureia	311	Kg	1,8	559,8
Sementes de milho híbrido AG-1051	88.889	-	400	592,59
Sementes de <i>Braquiária brizanta</i>	12	Kg	35	420
Herbicida ghyphosate	6	L	32	192
Inseticida Lanatte	1,2	L	35	42
Sub-total A				2.426,39
B. Operações				
Aplicação de herbicida	2	HM	16,8	33,52
Semeadura do milho	1	HM	119,3	119,3
Semeadura da forrageira	1	HM	37,1	37,1
Adubação de cobertura	2	HM	41,7	83,3
Aplicação de inseticida	1	HM	16,8	16,8
Irrigação	216	Mm	7,6	1.650,2
Colheita	1	HM	290,9	290,9
Transporte/descarga compactação	1	HM	130	130
Sub-total B				2.361,2
Custo operacional efetivo (COE) (A+B)				4.787,6
C - Outras despesas ⁽²⁾				239,38
Custo operacional total (COT) (A+B+C)				5.026,99

⁽¹⁾ kg = Quilogramas; l = litros; HM = hora máquina.

⁽²⁾ 5% do COE.

Dentre os gastos com insumos, merecem destaque as despesas com sementes (20,1%), as sementes da forrageira apresentava baixo potencial fisiológico, requerendo assim

maior quantidade, já as sementes de milho oneraram os custos devido ao alto potencial genético de produção; e com fertilizantes (23,5%) do COT, representando o segundo maior peso dentro do COT, em função da exigência do consórcio, demandando grande quantidade desses insumos para alta produtividade de silagem.

As operações mecanizadas custaram em torno de R\$ 711,00 ha⁻¹, representando 14,1% do COT, pelo fato da baixa capacidade operacional da máquina colhedora, a operação de colheita foi a que mais onerou o custo entre as operações mecanizadas. No entanto, a irrigação por aspersão convencional apresentou maior valor dentro dos custos operacionais (32,8%) do COT, tecnologia adotada devido a exigência do híbrido utilizado por fatores abióticos (água, luz e nutrientes), para que expressasse seu potencial de produção. Portanto, antes da implantação do sistema é importante a avaliação das condições ambientais, tecnológicas e o capital disponível, pelo produtor.

Costa *et al.* (2015), ao avaliarem, em Latossolo Vermelho distroférico, sob condições irrigadas, o custo operacional total (COT) da produção de silagens em sistemas produtivos na ILP, verificaram que os custos com os insumos, principalmente os fertilizantes e sementes, foram os componentes que mais oneraram os sistemas produtivos analisados.

Com relação à produtividade e os indicadores econômicos (Tabela 20), observa-se que todas as modalidades de cultivos apresentam Lucratividade positiva e relação custo benefício maior que zero, ou seja, os benefícios excedem os custos.

Tabela 20 - Produtividade de silagem e análise econômica do consorcio de milho com braquiária brizantha no sistema plantio direto

Modalidade de Cultivos	Produtividade. (kg ha⁻¹)	Custo Operacional (R\$)	Receita Bruta (R\$)	Lucratividade (R\$)	Índice de Luc. (%)	C/B
T1	20.305	4.547	12.183	7.636	62,68	0,37
E1M1	21.944	4.988	13.166	8.178	62,12	0,38
E1M2	22.083	5.027	13.250	8.223	62,06	0,38
E1M3	20.472	5.027	12.283	7.256	59,07	0,41
E2M1	32.972	4.988	19.783	14.795	74,79	0,25
E2M2	39.555	5.027	23.733	18.706	78,82	0,21
E2M3	33.389	5.027	20.033	15.006	74,91	0,25
T2	41.611	4.547	24.967	20.420	81,79	0,18

E1 – espaçamento 1 (0,45m); E2 – espaçamento 2 (0,90 m). M1- modalidade 1 (forrageira na fileira do milho); M2- modalidade 2 (Forrageira semeada a lanço em pré-semeadura do milho); M3- modalidade 3 (Forrageira semeada a lanço em pós-semeadura do milho). T1 - milho solteiro a 0,45 m E T2 - milho solteiro a 0,90 m; C/B – relação custo benefício.

Observa-se que o milho no espaçamento 2 (0,90 m entre fileiras), independente da modalidade de semeadura da forrageira, proporcionou maiores produtividade, consequentemente maiores receitas bruta e maior índice de lucratividade.

O tratamento T2 (testemunha 2 espaçado a 0,90 m entre fileira) foi o que apresentou a maior receita bruta e, consequentemente, a maior lucratividade (R\$ 20.420 ha⁻¹), bem como maior índice de lucratividade (81,79%) e melhor relação custo/benefício (0,18). Vale ressaltar que o presente estudo foi realizado a curto prazo (apenas uma safra) não contemplando possíveis variabilidades de produtividade, preços dos insumos e valor da silagem.

Ao avaliarem os índices de lucratividade na produção de milho em dois anos agrícolas consecutivos, Furlaneto e Esperancini (2010) observaram no segundo ano decréscimo na rentabilidade do agricultor, com redução média de 30% na receita bruta. Já os valores do lucro operacional, margem bruta e índice de lucratividade reduziram aproximadamente 39%.

Entre as modalidades com consórcio, pode-se observar que o milho com espaçamento entre fileiras de 0,90 m, consorciado com a braquiária semeada em pré-semeadura do milho, apresentou um custo total de R\$ 5.026,99 por hectare, maior custo operacional em função da inclusão do valor da semente da forrageira, bem como pela operação de semeadura, se comparado ao milho solteiro, no entanto, apresentou maior receita bruta e lucratividade (78,82%) entre as modalidades de consórcios.

Costa *et al.* (2015) ao avaliarem o custo operacional total (COT) da produção de silagens em sistemas produtivos de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), também verificaram menor custo operacional nos cultivos de milho solteiro durante dois anos agrícolas.

Apesar do milho solteiro ter apresentado maiores indicadores de viabilidade econômica, os sistemas em consórcio apresentam a vantagem de deixar a pastagem pré-estabelecida, de maneira que esta poderá servir como alimento de boa qualidade nutricional no período de entressafra, proporcionando redução dos custos durante o ano com alimentação dos animais; as forrageiras produzidas nestes sistemas podem servir ainda, para a manutenção e continuidade do sistema plantio direto, gerando maior sustentabilidade ao sistema de produção, tendo em vista os benefícios da palhada para o solo e para as culturas posteriores.

5 CONCLUSÃO

O espaçamento de 0,45 m proporcionou melhor estruturação da porosidade do solo quando comparado com o espaçamento de 0,90 m.

O desempenho operacional do conjunto trator - semeadora apresentou melhores resultados no espaçamento de 0,45 m, com menor deslizamento dos rodados da semeadora e melhor distribuição longitudinal de sementes quando comparado com o espaçamento de 0,90 m.

O espaçamento de 0,90 m associado a forrageira semeada a lanço pós-semeadura do milho, proporciona maior consumo de combustível.

O espaçamento de 0,90 m proporciona maior quantidade de matéria fresca de silagem.

Todas as modalidades de cultivo apresentam margem de contribuição positiva e relação custo/benefício maior que zero.

O milho solteiro no espaçamento de 0,90 foi a modalidade de cultivo que apresentou melhor viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureiras e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura Pecuária**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 01, p. 25- 58.
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, V. 29, p. 467-473, 2005.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). ASAE EP 497.6 JUN09: Agricultural machinery management data. In: **ASAE Standards 2009: standards engineering practices data**. St. Joseph, 2009. p.350-357
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). In: **ASAE standards: Agricultural machinery management data**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 1999. p. 332 - 339.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural Machinery Management. EP 496. 2. In: **ASAE standards: Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1997. p. 353-358.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation-tillage planters, drills and seeders. In: **ASAE standards 1996: standards engineering practices data**. San Joseph, 1996. p. 309-314. (ASAE D477. 2 DEC93).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). **Agricultural machinery management**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 1996. p.359-368.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural tractor test code. In: **ASAE standards 1989: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1989. p. 44-8.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE), S296. **Uniform terminology for traction of agricultural tractors, self – propelled implements, and other traction and transport devices**. St. Joseph, 1982.
- ANDERSSON, C. (2001) Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.66, p.28-32.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.
- BARDUCCI, R. S., COSTA, C., CRUSCIOL, C. A. C., BORGHI, É., PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BATEY, T. Soil compaction and soil management: a review. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 25, p. 335–345, 2009.
- BLANCO-CANQUI, H.; CLAASSEN, M. M.; STONE, L. R. Controlled traffic impacts on physical and hydraulic properties in an intensively cropped no-till soil. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.74, p. 2142-2150, 2010.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO EM CONSORCIAÇÃO COM *Brachiaria brizantha* EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n.3, p.19-33, 2006.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DNPV/CLAV, 1992. 365p.
- CAETANO, H.; OLIVEIRA, M. D. S.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RÊGO, A. C.; CARVALHO, M.V.; RENNÓ, F. P. Bromatological evaluation of eleven corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.41, n.1, p.11-17, 2012.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 813-819, 2005.
- CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G.; RALISCH, R. **Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Primeiro de Maio**, PR. Londrina, PR: IAPAR, 2000. 14 p. (Boletim técnico).
- CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. D.; RALISCH, R. Performance of MAGNUM 2850 seeder in nontillage in the basaltic soil of Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 523-532, 2000.
- CARVALHO, I. Q. **Ponto de Corte do Milho para Silagem**. Fundação abc. Disponível em: <http://www.fundacaoabc.org.br/forragicultura/banco_forragens/Ponto_Corte_Silagem_Milho.pdf>. Acesso em: 16 Dez. 2015.
- CECCON, G. **Palha e pasto com milho safrinha em consórcio com braquiária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 2p. (Circular Técnica).

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 Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.5, p.561–566, 2010.

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

CHIODEROLI, C. A.; MENDONÇA, C. A.; NICOLAU, F. E. A.; AMORIM, M. Q.; SANTOS, P. R. A. Sistema de integração lavoura-pecuária. In: **Tecnologias agroecológicas para o Semiárido**. Edição do autor. Fortaleza. c. 4. p 60-79, 2015.

CHIODEROLI C. A. **Consortiação de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

CHIODEROLI, C.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de consorcio milho e braquiara. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37–43, 2012.

CHIODEROLI, C. A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; Gitti, D. C.; KANEKO, F. H.; ROMAN, R. A. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função do preparo do solo e espaçamento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Impresso), v. 40, p. 462-467, 2010.

COBUCCI, T.; WRUCK, J.; KLUTHCOUSKI, J.; CAVALCANTE, L. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; CARNEVALLI, R. A.; TEIXEIRA, S. R.; POLINÁRIA, A.; TEIXEIRA, M. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.240, p.64-79, 2007.

COLETTI, A. J. **Adubação em cultivares de milho consorciado com braquiárias em cultivo safrinha**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, SP, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Levantamento de dados do milho**: safra 2015/16. 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 3 Jan. 2016.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1301-1309, 2011.

COPETTI, E. Qualidade na semeadura das culturas de inverno. **Revista Plantio Direto**, n. 127, 2012.

CORRÊA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G. Trator agrícola: cálculo da patinagem das rodas motrizes. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 6, n 2, p. 63- 71, dez. 1995.

CORTEZ, J. W. **Densidade de semeadura da soja e profundidade de deposição do adubo no sistema plantio direto**. 2007. 87f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Jaboticabal.

- COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M. **Economic evaluation of agropastoral systems: some alternatives for Central Brazil.** In: WORKSHOP ON AGROPASTORAL SYSTEM IN SOUTH AMERICA, 2001, Japan. Proceedings... Japan: JIRCAS, 2001. p.57-62. (Working Report, 19).
- 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**, vol.62 n.1, 2015.
- 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 mesotrione a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 861-867, 2011.
- DEFOSSEZ, P.; RICHARD, G. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 67, p. 41-64, 2002.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SATTTLER, A. **Efeito da consorciação milho-braquiária (*Brachiaria brizantha*) na mitigação da compactação do solo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.13 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp54.htm>. Acesso em: 20 Dez. 2015.
- DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1721-1728, set, 2009.
- DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.175-182, 1996.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. (Irrigation and drainage paper, 24).
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedin of the American Society for Horticultural Science**, v. 71, n. 5, p. 428-434. 1958.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999, 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ESTEVAM, F. N. L.; CHIODEROLI, C. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, M. A. M. Parâmetros fitotécnicos do milho em função da consorciação de forrageiras em diferentes modalidades de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2014, São Pedro. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agrônômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 21-27, 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DE SÃO PAULO (FIESP). **Safra mundial de milho – levantamento USDA**, 2016/2017. 2017. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br>>. Acesso em: 03 Mar. 2017.

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**, v.14, n.3, p.333–339, 2010.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. de F.; J. LEITE, G. D. B.; & FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, 31:771- 780, 2007.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodossulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, v. 26, p. 215-221, 2008.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

FURLANETO, F. P. D.; ESPERANCINI, M. S. T. Custo de produção e indicadores de rentabilidade da cultura do milho safrinha. **Pesq. Agropec. Tropical**, v. 40, n. 3, p. 297-303, 2010.

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

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1202-1209, 2010.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. T. F.; BUZETTI, M. S.; SOUZA, C. T.; MASCARENHAS, L.; KENY, S. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 589-595, 2013.

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** v.59. n.2. Viçosa, 2012.

GARCIA, L. C. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.520-527, 2006.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 65-73, 2009.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 38: p1234-1244, 2014.

GRISSE, R. D.; HOFMAN, V. L. **Pesticide application equipment**. In: Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 111- 115.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamentos entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, p.387- 393, 2006.

IMEA - **Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária**. Entendendo o mercado do milho. 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2017.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 35, p. 1493-1500, 2000.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 11-18, 2001.

JAREMTCHUK, A. R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; GONÇALVES, H. C.; OSTRENSKY, A.; KOSLOWSKI, L. A.; MADEIRA, H. M. F. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.28, n.3, p.351-357, 2006.

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

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**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

JASA, P. J.; SIEMENS, J.C.; PFOST, D. L.; **No-till drills**, In: Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till, Ames: Midwest Plant Service, 1992, p,98-101.

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

KIEHL, E. J. Manual de edafologia - relações solo-planta. São Paulo, **Agronômica Ceres**, 1979. 264p.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. **Opções de integração lavoura-pecuária.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. *Integração lavoura-pecuária.* Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.

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 lavoura-pecuária 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. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

KAMPHORST, J. S. Como plantar bem. **Revista Cultivar.** 23 ed., p.1-15, ago/set, 2003.

KÖPPEN, W. **Die klimate der Erde.** Berlin: Guyter, 1923, 369 p.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.36, n.6, 1981. p. 341-343.

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. In: Integrated Crop Management. v.5, 1.ed. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 2007. 92 p.

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

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Manejo mecânico de aveia preta com rolo faca e triturador de palhas tratorizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD ROM.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD-ROM.

LIMA, H. V.; LIMA, C. L. R.; LEÃO, T. P.; COOPER, M.; SILVA, A. P. & ROMERO, R. E. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 29:677-684, 2005.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, supl. especial, p.133-146, 2009.

- MAHL, D. **Desempenho de semeadora em função de mecanismo de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- 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 trevoço 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.
- MANTOVANI, E. C. **Plantadoras de milho**: Embrapa Milho e Sorgo. 2003. Disponível em: <http://www.portalagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22998>>. Acesso em: 27 dez. 2015.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.
- MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.163-170, 2006.
- MARTHA JR, G. B.; VILELA, L. **Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens**. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.) Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. 1.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.69-92.
- MARTHA JR, G. B.; BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. **Benefícios bioeconômicos e ambientais da integração lavoura-pecuária**. Planaltina: EMBRAPA, 2006. 26 p. (Documentos, 154).
- MARTIN N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. **Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI**. Informações Econômicas, v. 28, p. 7-28. 1998.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MATTAR, D. M. P. **Influência do deslizamento da roda motriz de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho**. 67f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- MAZETTO, F. R.; LANÇAS, K. P.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, S. P. S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v.24, n.3, p.750-757, 2004.

- MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A. SOUSA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.94-101, 2013.
- MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n.1, p. 251-259, 2013.
- MENDONÇA, V. Z. **Consortiação de milho com forrageiras: produção de silagem e palha para plantio direto de soja**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira. 2012.
- MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, O.; CORRENTE, J. E. 2003. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n.1, p. 35-44, 2003.
- MIALHE, L. G. Ensaio & certificação de tratores. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996, p. 385-462.
- MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1974. 301 p.
- MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, v.26, p. 759-767, 2006.
- MOTA, T. M. **Tratamento de sementes com inseticidas, mistura com fertilizantes e profundidades de semeadura na emergência e crescimento da braquiária**. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; SANCHEZ, P. A.; CAMPOS, F. H.; LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.1, 2011.
- MONTGOMERY D. C, 2004. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro. 563 pp.
- MARTHA JR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Economia de fertilizantes na integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 17, n.4, p.14-19, 2008.
- MARTHA JR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006, p.87- 137.
- MORAES, A.; LANG, C. R.; ALVES, S. J.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P. C. F. Integração agropecuária em sistema plantio direto In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9, 2004, Chapecó. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2004. p.19-23.

- MOREIRA, W. H.; BETIOLI JUNIOR, E.; PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; SÉRGIO JOSÉ ALVES, S. A.; MARCO AURÉLIO TEIXEIRA COSTA, M. A. T.; FRANCO, H. H. S. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico em sistema de integração lavoura-pecuária. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36 n.2, 2012.
- MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R.S.; MAGNABOSCO, C. U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do system dynamics. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEASR, 2007a. (CD-ROM).
- NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 18, n. 1, p. 24- 26, mar. 2003.
- NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATTO, M.; MOURA, J. C. **Anais...** 2º Workshop sobre milho para silagem. FEALQ, Piracicaba, SP, 2001.
- OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F. A.; SILVA, G. A.; ROSA FILHO, S. N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F. M.; PEREIRA, J. A.; FIRMINO, W. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.
- OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURTI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.
- OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ - Piracicaba, p.150. 2000. (Dissertação de Mestrado).
- 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.
- PANTANO, A. C. **Semeadura de braquiária em consorciação com o milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura- pecuária em plantio direto**. 2003.60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistema de Produção)- Faculdade de Engenharia- Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- PAZIANE, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G. transferência de tecnologia: produção de milho e sorgo para silagem na safra 2014/2015. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 13, n. 1, 2016.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p.681-69, 2010.
- PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Fatores que interferem no resultado do milho. **Campo e Negócio**, Uberlândia, v. 5, n. 68, p. 24-27, 2008.
- PIRES, J. L.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.

- 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**, v. 35, p. 1349-1358, 2000.
- PORTO, A. P. F.; VASCONCELOS, R. C.; VIANA, A. E. S.; ALMEIDA, M. R. S. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista–BA1. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 208-214, 2011.
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C.M.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.
- POSSEBON, S. B. **Desempenho de uma semeadora-adubadora e métodos de aplicação de inseticidas no sulco em plantio direto**. 114 f. 2011. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- QUEIROZ, R. F. **Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* em dois espaçamentos e modalidades de semeadura**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G. e FERREIRA F. G. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p. 405-411, 2003.
- RESTLE, K.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; PASCOAL, L. L.; SILVA, J. H. S.; PELLEGRINI, L. G.; SOUZA, A. N. M. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002.
- RIBAS, M. R.; TAVARES, C. J.; REZENDE, B. P. M.; CUNHA, P. C. R.; JAKELAITIS, A. Competição de híbridos de milho com plantas daninhas em dois espaçamentos entrelinhas. **Global science and technology**, v. 6, n. 2, 2013.
- RIBEIRO, M. F. S. **Aspectos de seleção e manejo de semeadoras-adubadoras de plantio direto a tração animal**. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 252-256.
- RODRIGUES, J. G. L.; FERNANDES, J. C.; NASCIMENTO, F. M.; GAMERO, C. A.; BICUDO, S. J. Caracterização física do solo e desempenho operacional de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1813-1824, 2011.
- RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A. Demanda energética e capacidade de campo efetiva em diferentes sistemas de manejo do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 55-62, 2006.
- ROSA, H. A.; VELOSO, G.; SECCO, D.; RUFFATO, G.G.; MARCONDES, L. C.; SANTOS, R. F. Efeitos do tempo de adoção do sistema plantio direto em atributos físicos de um Latossolo argiloso. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.5, n.2, p. 165-174, 2012.
- SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.

SANGOI, W. G. L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; MOTA, R. M.; SILVA, M. L. M.; SCHENATTO, D. E.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C. **Redução do Espaçamento Entre Linhas Como Estratégia Para Aumentar o Rendimento de Grãos do Milho em Ambientes de Alto Manejo**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010, 64p.

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

SANTOS, P. R. A. **Consórcio de milho com forrageiras: atributos físicos do solo e produtividade**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVA, R. L.; MATIAS, S. S. R.; LOBATO, M. G. R.; NÓBREGA, J. C. A. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região sul do Piauí. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, 2014.

SILVA, J. V.; CAMARGO, R.; WENDLING, B.; PIRES, S. C. Integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto no cerrado brasileiro. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, N.12, p. 1-12, 2011.

SILVA, G. F. **Análise de custos operacionais e eficiência gerencial para conjuntos trator-implemento em operações agrícolas**. 31f. Trabalho de conclusão de curso. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2009.

SILVA, K. R. MINETTI, L. J.; FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MACHADO, E. J. B.; SOUZA, A. M. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, v.28, p.361-366, 2004.

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, v.20 n.2, P. 95- 103, 2012.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Rev. bras. eng. agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.10 no.1, p.220-224, 2006.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. S.; SILVA, S. P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 650-656, 2009.

SCHUCH, L. O.; PESKE S. T. Falhas e duplos na produtividade. **Revista SEED News**, 2010. v. 12 n. 6.

SEIDEL, P. E.; GERHARDT, S. F. I.; CASTAGNARA.; NERES. A. D. M. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os

componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

SILVA, N. J. S. **Espaçamento e população de plantas de milho consorciado com *Brachiaria***. 2013. 38 f. Tese (doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E.L. **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa, MG, 2004. p. 117-169.

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

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**, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.

SILVEIRA, D. C.; FILHO, J. F. M.; SACRAMENTO, J.A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 659-667, 2010.

SILVEIRA, J. C. M. **Desempenho operacional no conjunto trator-semeadora em função da velocidade e rotação no eixo do motor**. 2008, 118f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa. 2008.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo de solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.220-224, 2006.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 692-700, 2011.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of soil science terms**. Disponível em: <<http://www.soils.org/sssagloss/>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. & TOMM, G. O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantia**, Campinas,p.695-704, 2010.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.129-136, 2009.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro - Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.
- SULC, R. M.; TRACY, B. F. Integrated crop-livestock systems in the U. S. Corn Belt. *Agronomy Journal*. **Madison**, v.99, n.XX, p.335-345, 2007.
- TEIXEIRA, S. S. ; REIS, A. V.; MACHADO, A. L. T. Longitudinal distribution of bean seeds in horizontal plate meter operating with one or two seed outlets. **Engenharia Agrícola**, v.33, p.569-574, 2013.
- TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. 2001. 108p. Tese (Doutorado em agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- TORRES, F. E.; LANGHI, G.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORRÊA, C.C. G.; OLIVEIRA, E. P. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. **Rev. de Ciências Agrárias** vol.36 n.4, p. 411 – 416, 2013.
- TORRES, J. L. R., PEREIRA, M. G., FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.43, n.3, p.421-428, 2008.
- TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, ago. 2002.
- TOURINO, M. C. C. A semente no lugar certo. **A Granja**, Porto Alegre, v. 42, n. 461, p. 36-40, jun. 1986.
- TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras Adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Seropédica. **Anais...** Seropédica: SBEA, 1983. p. 103- 107.
- TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.
- TRECENTI, R.; OLIVEIRA, M. C.; HASS, G. **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. (Boletim técnico). 54p
- 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.
- VALENTE, G. F.; SILVA, V. F. A.; FURLANI, C. E. A.; COMPAGNOM, A. M.; SILVA, J. N. Velocidades de semeadura e espaçamento entre linhas no desenvolvimento da cultura do milho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 44., 2015. São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2015. p. 1 - 4.
- VIÉGAS, G.P.; PEETEN, H. Sistemas de produção. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.453-538.

VIEIRA, J. A. G. **Espaçamento e densidade de plantio de milho-silagem consorciado com *brachiaria brizantha***. 2013. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

VIEIRA, L.B., REIS, E.F. **Máquinas para o plantio direto**. Inf. Agropecu., v.22, n.208, p.43-8, 2001.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JR.; G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 5, p. 143-170.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; CARVALHO, G.G.P. Potencialidade da integração lavoura-pecuária: relação planta-animal. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 7, 2006.

ZEOULA, L.M.; BELEZE, J.R.F.; CECATO, U.; JOBIM, C.C.; GERON, L.J.V.; PRADO, O.P.P.; FALCÃO, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação.4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro da porção vegetativa e planta inteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p.567-575, 2003.

APÊNDICE A – RESULTADO DE ASSIMETRIA E CURTOSE PARA TODOS OS PARÂMETROS AVALIADOS

Figura 1. Assimetria e curtose dos dados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliado no esquema fatorial (3x2), em função do espaçamento e modalidade de semeadura.

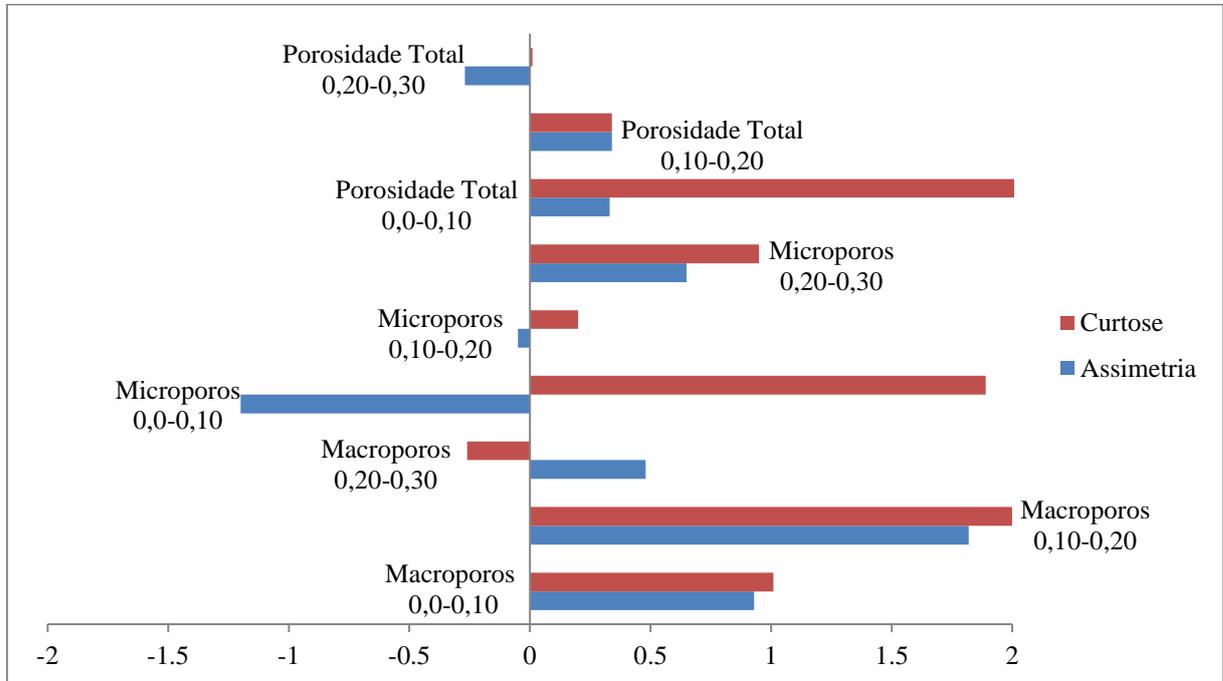


Figura 2. Assimetria e curtose dos dados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliado no esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, considerando a T1- espaçamento 0,45 m.

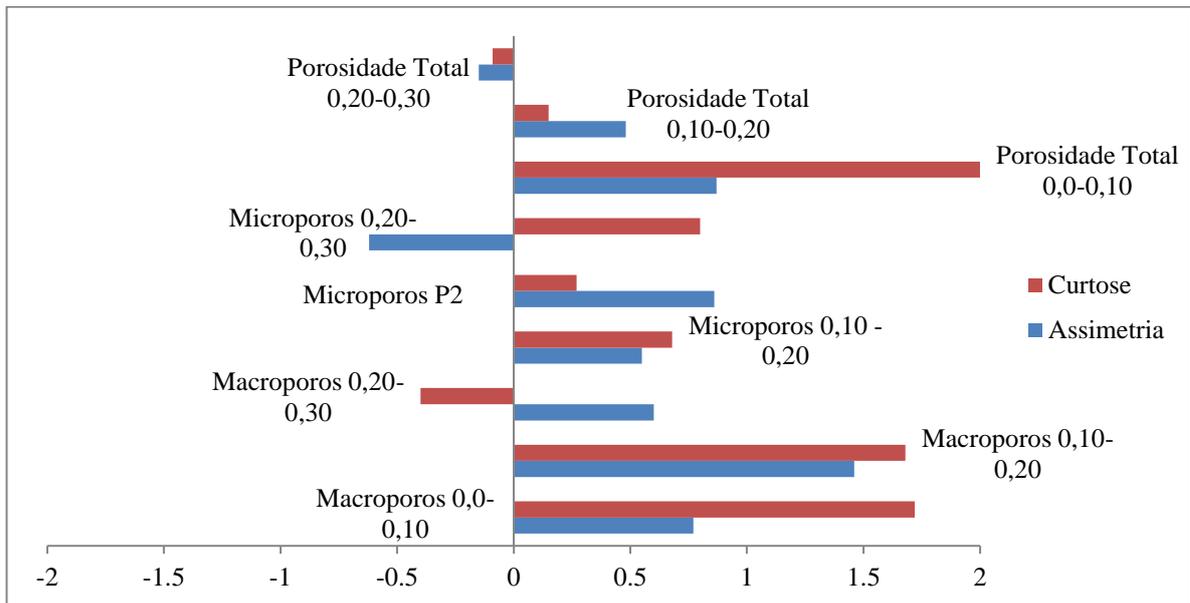


Figura 3. Assimetria e curtose dos dados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliado no esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, considerando a T2- espaçamento 0,90 m.

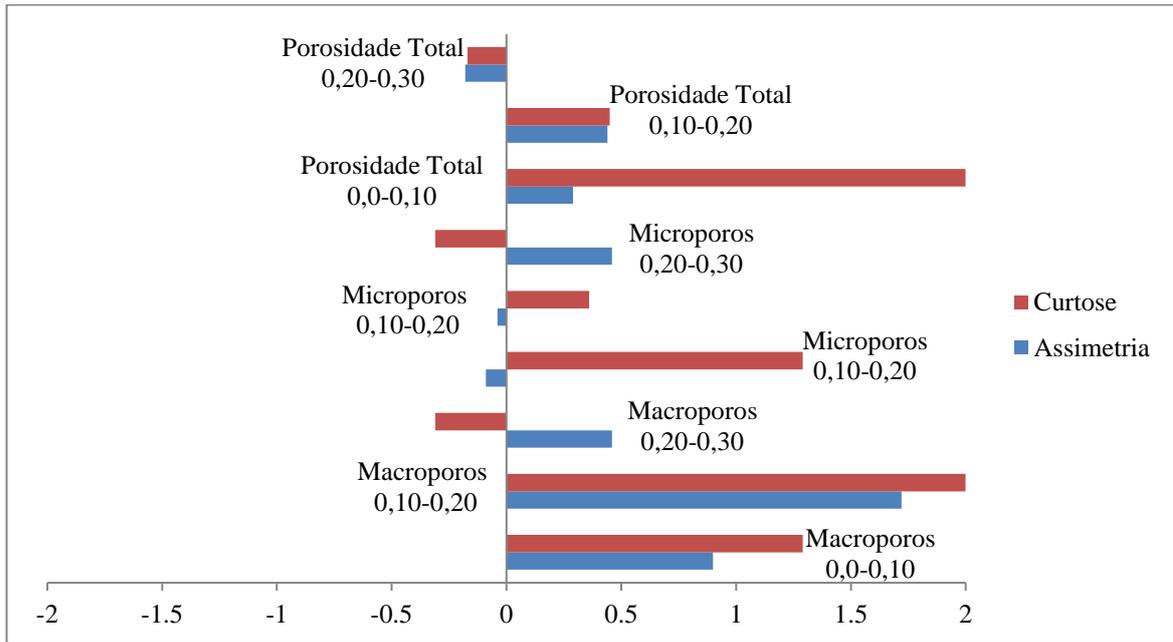


Figura 4. Coeficientes de assimetria (A) e curtose (B) para os parâmetros: Patinamento dos rodados dianteiro; Patinamento dos rodados traseiro; patinamento da semeadora; Consumo de combustível em L.ha⁻¹; Consumo de combustível em L.h⁻¹; Velocidade de deslocamento; Capacidade de campo operacional; Distribuição com espaçamento normal; Distribuição de sementes com espaçamento múltiplo; Distribuição longitudinal de sementes com espaçamento falho; Número de dias para emergência das plântulas; População inicial de plantas; População final de plantas; Índice de sobrevivência de plantas; Altura de plantas; Altura de inserção da primeira espiga; Número de espiga por planta; Diâmetro do colmo; Matéria verde de silagem; Matéria seca de silagem e Leitura SPAD. Avaliados no esquema fatorial 2x3.

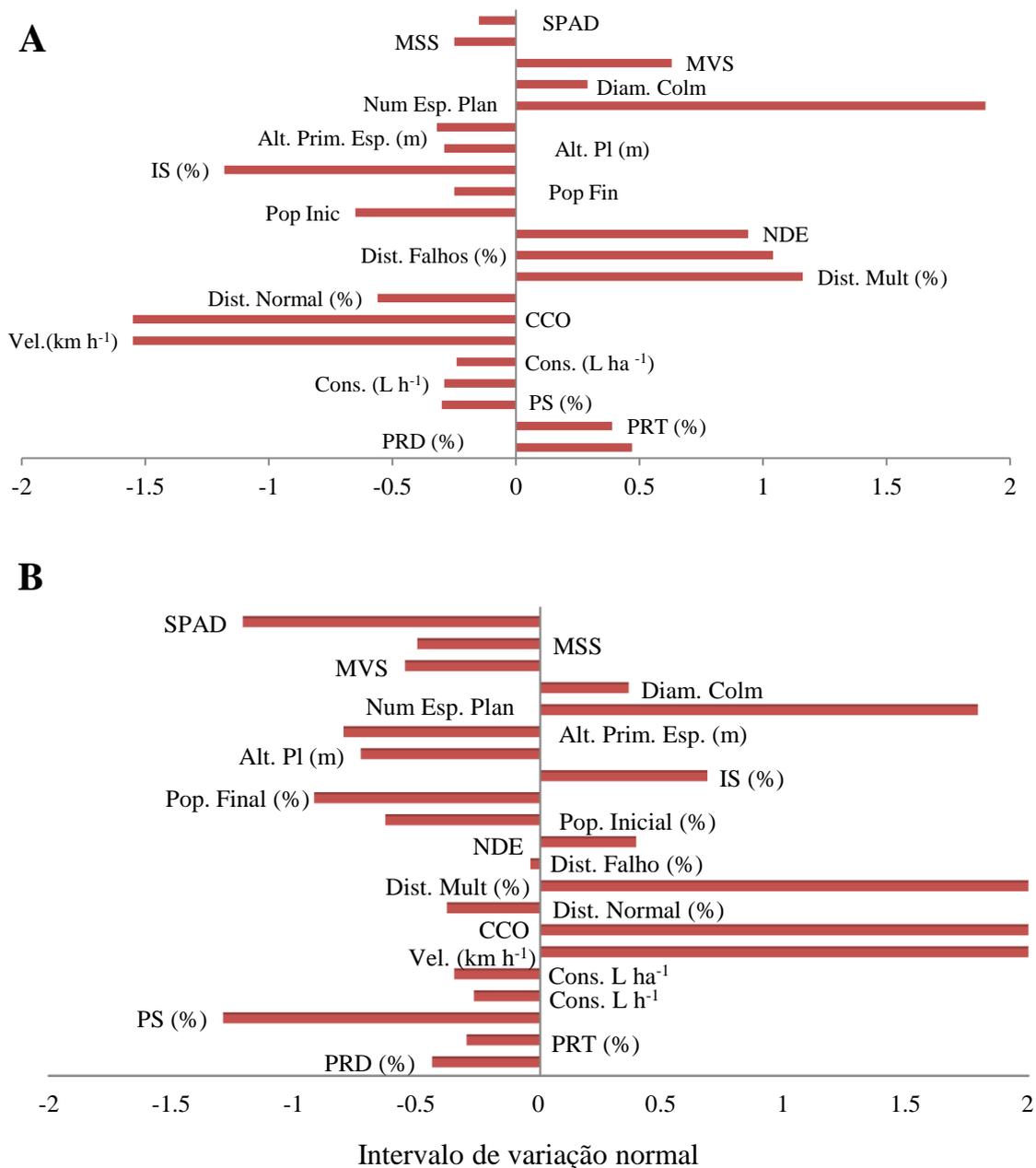


Figura 5. Coeficientes de assimetria (A) e curtose (B) para os parâmetros: Patinamento dos rodados dianteiro; Patinamento dos rodados traseiro; patinamento da semeadora; Consumo de combustível em $L ha^{-1}$; Consumo de combustível em $L h^{-1}$; Velocidade de deslocamento; Capacidade de campo operacional; Distribuição com espaçamento normal; Distribuição de sementes com espaçamento múltiplo; Distribuição longitudinal de sementes com espaçamento falho; Número de dias para emergência das plântulas; População inicial de plantas; População final de plantas; Índice de sobrevivência de plantas; Altura de plantas; Altura de inserção da primeira espiga; Número de espiga por planta; Diâmetro do colmo; Matéria verde de silagem e Matéria seca de silagem, avaliados no esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, considerando a T1- espaçamento de 0,45.

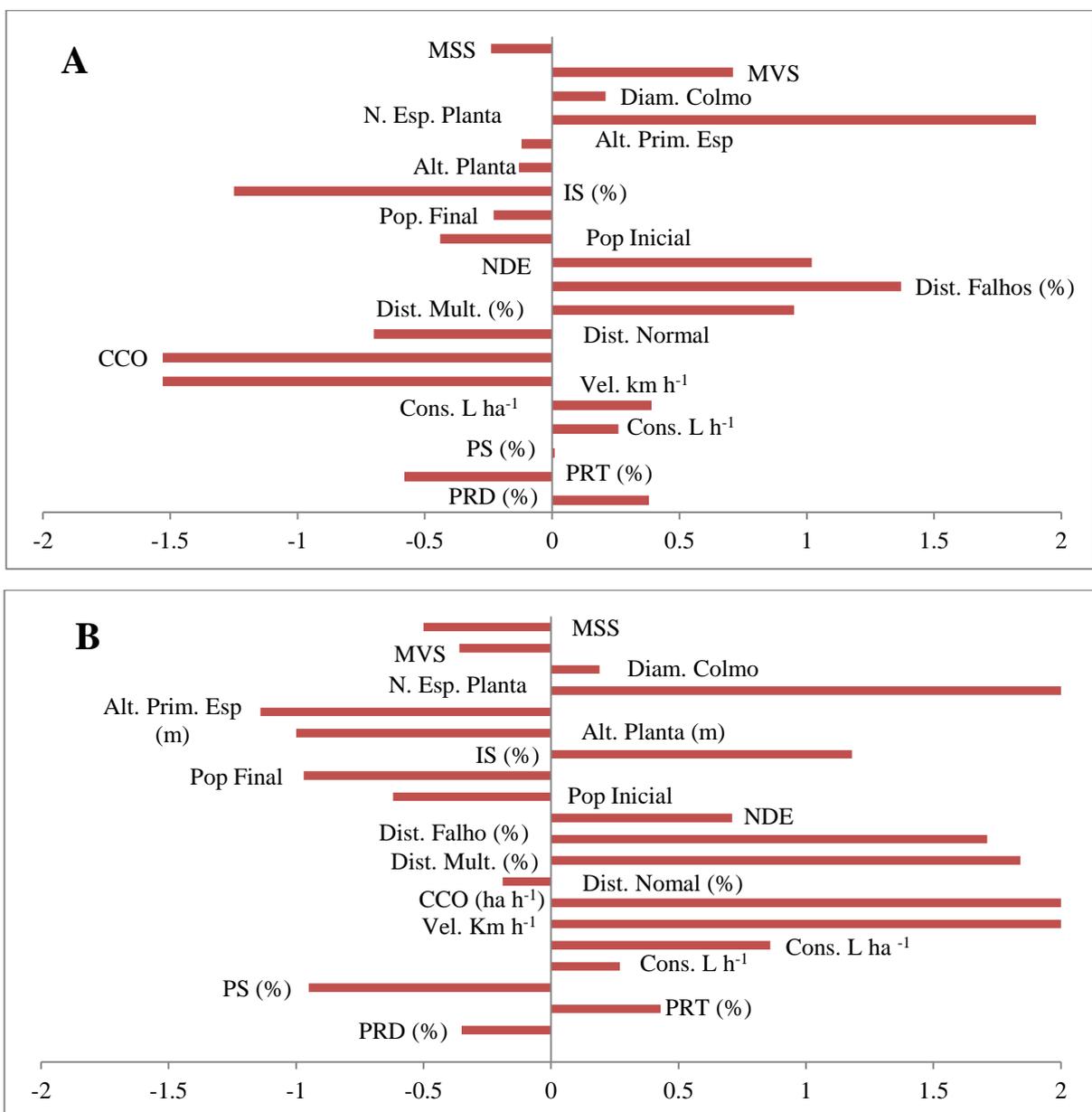
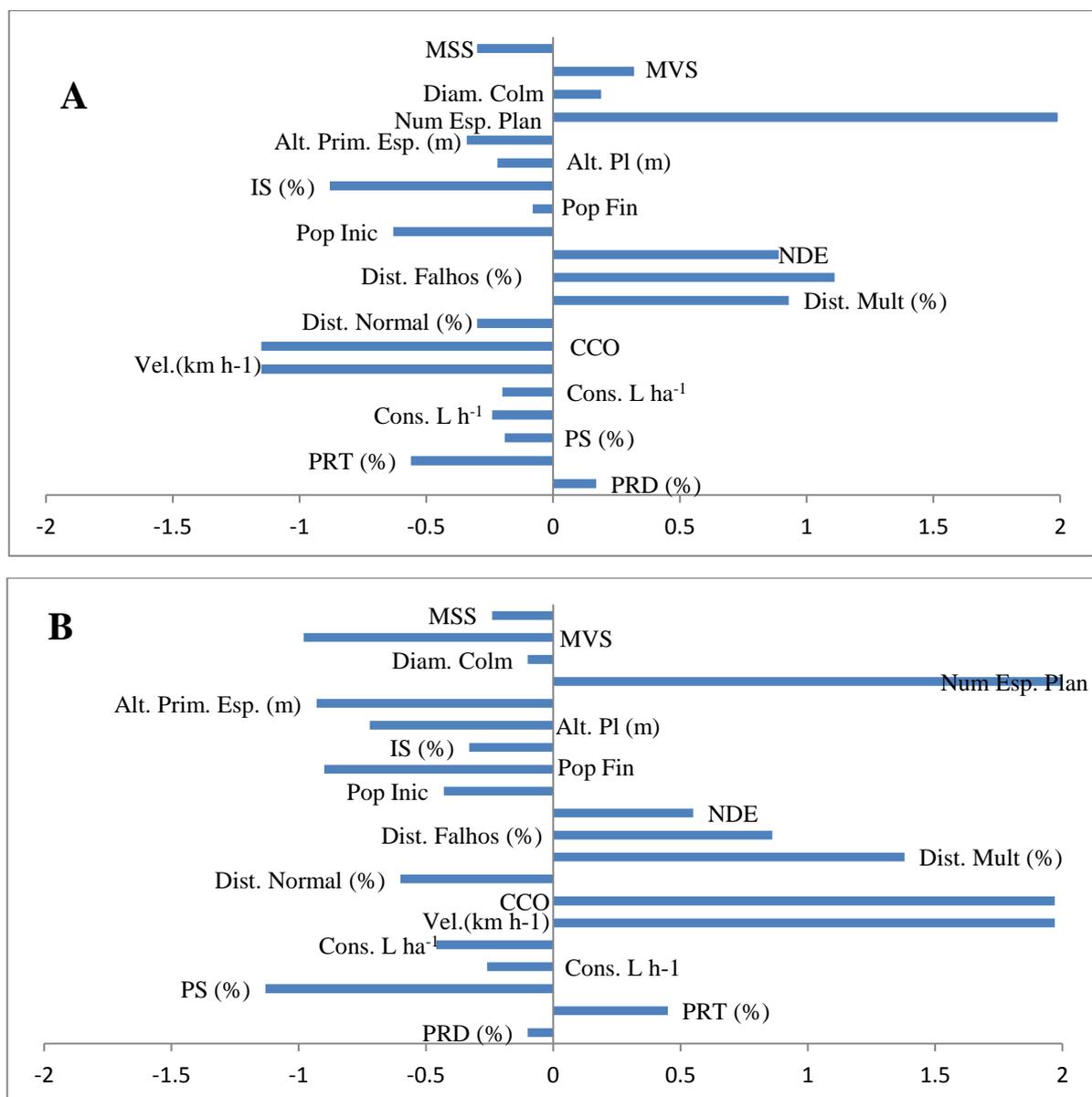


Figura 6. Coeficientes de assimetria (A) e curtose (B) para os parâmetros: Patinamento dos rodados dianteiro; Patinamento dos rodados traseiro; patinamento da semeadora; Consumo de combustível em L ha⁻¹; Consumo de combustível em L h⁻¹; Velocidade de deslocamento; Capacidade de campo operacional; Distribuição com espaçamento normal; Distribuição de sementes com espaçamento múltiplo; Distribuição longitudinal de sementes com espaçamento falho; Número de dias para emergência das plântulas; População inicial de plantas; População final de plantas; Índice de sobrevivência de plantas; Altura de plantas; Altura de inserção da primeira espiga; Número de espiga por planta; Diâmetro do colmo; Matéria verde de silagem e Matéria seca de silagem, avaliados no esquema fatorial 2x3 + 1, considerando a T1- espaçamento de 0,90.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.