



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

PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

**CONSÓRCIO DE MILHO COM FORRAGEIRAS: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
E PRODUTIVIDADE**

FORTALEZA

2016

PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

CONSÓRCIO DE MILHO COM FORRAGEIRAS: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E
PRODUTIVIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Departamento de 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

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S234c Santos, Paulo Ricardo Alves dos
Consórcio de milho com forrageiras: atributos físicos do solo e produtividade. / Paulo Ricardo Alves dos Santos. – 2016.
84 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.
Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli
1. Milho. 2. Lavoura. 3. Pecuária. 4. Semeadura. I. Título.

CDD 630

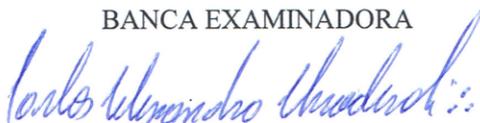
PAULO RICARDO ALVES DOS SANTOS

CONSÓRCIO DE MILHO COM FORRAGEIRAS: ATRIBUTOS FÍSICOS DO
SOLO E PRODUTIVIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Departamento de 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: 16/02/2016

BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará – (UFC)



Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – (UNESP)

IN MEMÓRIA: Minha avó Mãe Expedita Bezerra dos Santos, quem tão bem soube ensinar-me o valor da honestidade, humildade e sinceridade.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e pela força de sempre lutar por aquilo que acredito.

À minha vó /mãe, Expedita Bezerra dos Santos por sempre ter me apoiado quando conosco em todos meus objetivos, pelas palavras de encorajamento, pela educação e pelo carinho.

A meus pais, Maria Neuma Alves dos Santos e Geraldo Alves dos Santos.

A minha namorada Jayane pela paciência, apoio e dedicação mesmo nos momentos mais difíceis.

A toda minha família, minhas irmãs Joscelaine Alves dos Santos e Edivânia Alves Dos Santos; minhas tias: Sebastiana Bezerra dos Santos; Lúcia bezerra dos Santos; Socorro Bezerra dos Santos; Cícera Bezerra dos Santos; Maria Bezerra dos Santos; Margarida Bezerra dos Santos, Meiriane Bezerra dos Santos e a todos meus familiares, que mesmo distante sempre estiveram comigo nesta caminhada, mesmos aqueles que estão somente na lembrança.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, pela sua paciência, ensinamentos acadêmicos e de vida.

A Universidade Federal do Ceará e ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que me acolheu como aluno, e ao CNPQ pelo apoio financeiro com a bolsa de auxílio.

Ao grupo de pesquisa NIMPA (Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas LIMA (Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas), LAMMA (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola) e todos que os compõem.

A todos os professores do programa, especialmente de Sistemas Agrícolas, Dr. Carlos Alessandro Chioderoli; Dr. Daniel Albiero; Dr. Danilo Roberto Loureiro e Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Aos técnicos do laboratório LEMA e aos tratoristas pelo auxílio em coletas e análises.

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

RESUMO

SANTOS, Paulo Ricardo Alves, Universidade Federal do Ceará. Maio de 2016. **Consórcio de milho com forrageiras: atributos físicos do solo e produtividade.** Orientador: Carlos Alessandro Chioderoli. Conselheiros: Danilo Roberto Loureiro, Carlos Eduardo Angeli Furlani.

A intensificação dos sistemas de produção agrícola é cada vez maior na atual agricultura. Nesse sentido, o plantio simultâneo de forrageiras com culturas produtoras de grãos, constitui em uma alternativa na intensificação do sistema de produção, que poderá incrementar ou não a produtividade da cultura principal, além de produzir palha para cobertura do solo. Com o objetivo de verificar a ocorrência de mudanças nas propriedades físicas do solo, bem como na produtividade do milho e produção de matéria seca em função do consórcio milho/forrageiras em duas épocas de semeadura, o presente 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 (3x2) + 1 com quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos por três forrageiras: *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* cv. *Mombaça* e *Crotalaria spectabilis* consorciadas com o milho em duas épocas de semeadura das forrageiras, na entrelinha do milho simultâneo a semeadura (época 1 – E1) e na entrelinha do milho no estágio V₄ do milho (época 2 – E2), além da testemunha. Os resultados permitiram concluir que a consorciação milho/forrageiras não interferiram nas características fitotécnicas do milho, nem tampouco, na produtividade, porém proporcionaram modificações nas propriedades físicas do solo quando da realização da semeadura na época 1. Apesar das modificações ocorridas no solo, as mesmas não foram suficientes em incrementar a produtividade do milho, o que possivelmente pode estar relacionado as avaliações em apenas um ciclo da cultura. Já quando o objetivo foi a produção de matéria seca de palha, conclui-se que as forrageiras *Brachiaria Brizantha* e *Mombaça* na época 1 (E1) são recomendadas.

PALAVRA-CHAVE: Porosidade do solo. *Zea mays* L. Épocas de semeadura. Integração lavoura pecuária.

ABSTRACT

SANTOS, Paulo Ricardo Alves, Universidade Federal do Ceará. May 2016. **Consortium corn with forage: soil physical properties and productivity**. Orientador: Carlos Alessandro Chioderoli. counsellors: Danilo Roberto Loureiro, Carlos Eduardo Angeli Furlani.

The intensification of agricultural production systems is increasing in the current agriculture. In this sense, the simultaneous planting forage to grain crops, constitutes an alternative in the intensification of the production system, which can increase or not the productivity of the main crop, and produce straw for mulching. In order to check the occurrence of changes in the physical properties of the soil and in corn yield and dry matter production due to the corn consortium / forage in two sowing dates, this study was conducted in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Ceará. The design was used in a randomized block design in a factorial scheme (3x2) + 1 with four replications, totaling 28 experimental units. The treatments consisted of three forages: *Brachiaria*, *Panicum maximum* cv. *Mombaça* and *Crotalaria spectabilis* intercropped with maize in two of fodder sowing dates, between the lines of simultaneous sowing maize (season 1 - E1) and corn leading the V4 stage of corn (season 2 - E2), and the control. The results showed that intercropping maize / forage did not interfere in phytotechnical characteristics of corn, nor in productivity, however produced changes in soil physical properties when the day of sowing in season 1. Despite the changes that have occurred in the soil, they were not sufficient to enhance the productivity of maize, which could possibly be related assessments on only one crop cycle. But when the goal was the production of dry straw, it is concluded that fodder *Brachiaria brizantha* and *Mombasa* at the time 1 (E1) are recommended.

KEYWORD: Porosity. *Zea mays* L. Sowing dates. integrated crop livestock.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 -	Localização da área experimental.....	35
2 -	Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (março a julho 2015). Fortaleza – Ce, 2015	36
3 -	Distribuição das parcelas na área experimental.....	39
4 A -	Medição da altura das plantas de milho.....	41
4 B -	Medição da altura das plantas de milho.....	41
5 -	Medição da Inserção de 1ª espiga.....	42
6 -	Medição do Diâmetro do colmo.....	42
7 -	Assimetria e curtose dos dados de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para esquema fatorial (3x2) + 1.....	46
8 -	Assimetria e curtose dos dados de altura de plantas, altura de inserção 1º espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, MS milho, MS das forrageiras, MS total, plantas/ha, espigas/ha e produtividade para esquema fatorial (3x2) + 1.....	46

LISTA DE QUADROS

- 1 - Máquinas e equipamentos utilizados na condução do experimento..... 38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Caracterização física do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10; 0,10- 0,20 e 0,20-0,30 m, antes da instalação do experimento.....	37
TABELA 2 -	Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0,0 – 0,10; 0,10 – 0,20; 0,20 – 0,30 m de profundida.....	37
TABELA 3 -	Valores médios da macroporosidade, microporosidade, avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	47
TABELA 4 -	Valores médios da porosidade total e densidade do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	49
TABELA 5 -	Valores médios da macroporosidade, microporosidade, avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	50
TABELA 6 -	Valores médios obtidos do desdobramento da macroporosidade do solo para a profundidade de 0,0-0,10 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura.....	51
TABELA 7 -	Valores médios obtidos do desdobramento da macroporosidade do solo para a profundidade de 0,10-0,20 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura.....	52
TABELA 8 -	Valores médios obtidos do desdobramento da microporosidade do solo para a profundidade de 0,10-0,20 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura.....	53
TABELA 9 -	Valores médios da porosidade total e densidade do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	54
TABELA 10-	Valores médios obtidos do desdobramento da porosidade total do solo para a profundidade de 0,0-0,10 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura.....	55
TABELA 11-	Valores médios obtidos para altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro de colmo nos sistemas de consorciação de forrageiras com milho em duas épocas de semeadura.....	56

TABELA 12-	Valores médios obtidos para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura.....	57
TABELA 13-	Valores médios de número de espigas de milho, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura.....	58
TABELA 14-	Valores médios de número de espigas de milho, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura.....	58
TABELA 15-	Valores médios de população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de milho no sistema de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura.....	59
TABELA 16-	Valores médios de população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de milho no sistema de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura.....	60
TABELA 17-	Valores médios de massa seca de palha do milho, massa seca de palha das forrageiras e massa seca total de palha no sistema de consorciação de forrageiras - milho em diferentes épocas de semeadura.....	61
TABELA 18-	Valores médios da matéria seca de palha de milho consorciado com três espécies forrageiras em comparação com a testemunha sob diferentes épocas de semeadura.....	62
TABELA 19-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.	75
TABELA 20-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.	75
TABELA 21-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.	75
TABELA 22-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada de 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	76

TABELA 23-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada de 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	76
TABELA 24-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura	76
TABELA 25-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	77
TABELA 26-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	77
TABELA 27-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	77
TABELA 28-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	78
TABELA 29-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	78
TABELA 30-	Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	78
TABELA 31-	Resultados de ANOVA para o parâmetro altura de plantas, avaliadas em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	79
TABELA 32-	Resultados de ANOVA para o parâmetro altura de inserção da 1° espiga, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	79
TABELA 33-	Resultados de ANOVA para o parâmetro diâmetro do colmo, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	79

TABELA 34-	Resultados de ANOVA para o parâmetro população final de plantas, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	80
TABELA 35-	Resultados de ANOVA para o parâmetro massa de 1000 grãos, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	80
TABELA 36-	Resultados de ANOVA para o parâmetro produção de grãos, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	80
TABELA 37-	Resultados de ANOVA para o parâmetro número espigas/ha ⁻¹ , avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	81
TABELA 38-	Resultados de ANOVA para o parâmetro número fileiras/espigas, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	81
TABELA 39-	Resultados de ANOVA para o parâmetro número grãos/fileiras, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	81
TABELA 40-	Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca do milho, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	82
TABELA 41-	Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca das forrageiras, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	82
TABELA 42-	Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca total, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura.....	82
TABELA 43-	Análise descritiva para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo.....	83
TABELA 44-	Análise descritiva para população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de grãos.....	83
TABELA 45-	Análise descritiva para número de espigas, número de fileiras por espiga e grãos por fileiras.....	83
TABELA 46-	Análise descritiva para matéria seca do milho, matéria seca das forrageiras e matéria seca total.....	84
TABELA 47-	Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,0-0,10 m.....	85
TABELA 48-	Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,10-0,20 m.....	85

TABELA 49- Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,20-0,30 m.....	85
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	A cultura do milho.....	21
2.2	Consórcio de forrageiras com milho.....	24
2.3	Atributos Físicos do solo	27
2.3.1	Densidade do solo	29
2.3.2	Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Material	35
3.1.1	Localização da área experimental	35
3.1.2	Dados climáticos	36
3.1.3	Manejo da irrigação.....	36
3.1.4	Solo.....	37
3.1.5	Insumos básicos.....	37
3.1.5.1	Sementes.....	37
3.1.5.2	Fertilizantes	38
3.1.5.3	Defensivos agrícolas.....	38
3.1.5.4	Máquinas e equipamentos	38
3.2	Métodos	39
3.2.1	Delineamento Experimental.....	39
3.2.2	Descrição dos tratamentos.....	40
3.2.3	Avaliações	40
3.2.4	Determinação dos Atributos Físicos do solo.....	40
3.2.5	Avaliações fitotécnicas e componentes de produção na cultura do milho	41
3.2.5.1	População final de plantas.....	41
3.2.5.2	Altura de planta, Altura de inserção da 1º espiga e Diâmetro do colmo	41
3.2.5.3	Número de espigas por hectare	43
3.2.5.4	Número de fileiras de grãos por espigas e Número grãos por fileiras	43
3.2.5.5	Produção de grãos	43
3.2.5.7	Massa de 1000 grãos	43
3.2.5.8	Produção de massa seca da palhada do milho.....	44
3.3	Produção de massa seca da palhada das forrageiras	44

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Normalidade dos dados.....	45
4.2	Atributos Físicos do solo	47
4.3	Avaliação da cultura do milho	55
5	CONCLUSÕES	63
6	REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de aumentar a produção agrícola hoje é fato no mundo. Com o aumento da população aumenta-se a demanda por alimentos, sendo necessária intensificação nos sistemas de produção como alternativa de atender a demanda de alimentos que aumenta progressivamente com o passar dos anos.

A agricultura no Brasil é diversificada, começando desde agricultura familiar até agricultores que detém grandes capitais de investimentos, com diferenças relacionadas ao tamanho da área cultivada, infraestrutura e capacidade de produção.

Na região nordeste do Brasil o aumento da produção agrícola está vinculado a incorporação de novas áreas e não pelo aumento da produtividade como resultado da adoção de tecnologias modernas. Dessa forma, a busca por alternativas que permita maior produtividade é uma ferramenta importante aos produtores rurais dessa região, principalmente aqueles, aderidos na agricultura familiar que desempenha papel fundamental na segurança alimentar e na produção de alimentos do país.

Os sistemas conservacionistas de produção agrícola vêm se tornando cada dia que passa corriqueiro nas diferentes regiões do Brasil, principalmente pelas vantagens que os mesmos oferecem ao meio ambiente, como também, pelo sucesso na produtividade que proporcionam na atividade da agricultura. A principal característica dos sistemas conservacionista é o aporte de palha sobre a superfície do solo, que ao decorrer do tempo vão se decompondo, mineralizando e tonando-se nutrientes para as culturas subsequentes. A palha quando em superfície age contra processos erosivos, diminui a amplitude térmica do solo, entre outras vantagens. Entre as várias atividades conservacionistas nas diferentes regiões do Brasil se destaca a consorciação de culturas.

A consorciação de culturas é uma atividade rotineira a nível nacional com destaque para a região sul e sudeste que a usam dentro dos sistemas de plantio direto como uma das premissas do sistema. Essa técnica é usada nessas regiões com todo amparo tecnológico, permitindo ao produtor saber a época ideal, o tipo de cultura usar e a melhor configuração de consórcio.

Na região nordeste a consorciação de culturas é usada pela maior parte dos agricultores, porém a maioria ou quase totalidade não tem conhecimento de como e qual melhor arranjo de culturas e população utilizar em sua área de produção, favorecendo assim, o baixo potencial expressivo pela cultura, culminando dessa forma, no insucesso da atividade.

Além do mais, em muitos casos a atividade é desenvolvida de forma pouco técnica e sem planejamento, contribuindo muitas vezes, para a desertificação dos solos.

O milho está inserido como um dos principais cereais produzidos e cultivados no mundo, porém nacionalmente é uma cultura que apresenta fortes contrastes de produtividade nas diferentes regiões do país, tendo em vista as diferenças edafoclimáticas de cada região e do sistema de cultivo, as quais a mesma é submetida. Na região nordeste, o milho tem grande representação em consórcio com o feijão, sendo poucos trabalhos relacionados ao milho com forrageiras.

Devido à carência de informações referentes a tipos de forrageiras e épocas de semeadura, adequadas no consórcio milho-forrageiras na região nordeste, e partindo da hipótese que o consórcio reduzirá a produtividade do milho, torna-se imprescindível a realização de trabalhos com o intuito de encontrar indicadores capazes de fornecer informações sobre produtividade do milho em sistemas de consórcio, como também no aporte de palha sobre o solo. Diante do exposto, o presente trabalho tem como principais objetivos, identificar variações nos atributos físicos do solo, avaliar a melhor época de semeadura de diferentes forrageiras em consórcio com o milho, bem como, a melhor configuração forrageira – milho, levando em consideração a produção de grãos de milho e o aporte de matéria seca de palha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura anual que teve origem na América Central no México aproximadamente dez mil anos, Guimarães (2007). Sendo hoje o principal cereal cultivado no Brasil e no mundo. Além de ser uma das culturas anuais que mais se destaca em consorcio com forrageiras, apresenta importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, indo desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia.

A produção mundial do milho concentra-se basicamente em três grandes produtores: EUA, China e Brasil, sozinhos esses países representam 65,62% da produção mundial de milho. O Brasil está configurado em terceiro lugar na produção mundial do milho, ficando atrás dos E.U.A e China, primeiro e segundo lugares respectivamente (MAPA, 2010).

A produção do milho em larga escala basicamente é produzida em três países como dito anteriormente, EUA, China e Brasil. Sendo que as diferenças na produção do milho entre esses países devem-se ao diferente período de semeadura e colheita do milho realizados em cada país. O EUA e China se encontram no hemisfério Norte, assim, o verão e a primavera ocorrem em período inverso ao hemisfério sul, tendo em vista que essas estações são tidas como ideias para o cultivo do milho. Enquanto a semeadura nos dois primeiros acontece nos meses de abril a junho e a colheita durante os meses de setembro e novembro, em algumas regiões do Brasil o milho é semeado de duas formas, milho de primeira safra e o milho de segunda safra. No milho de primeira safra, a semeadura acontece entre setembro e dezembro, colhido durante janeiro e maio, enquanto que o milho de segunda safra, também conhecido como milho “safrinha”, a semeadura costuma ocorrer durante os meses de janeiro a março, e a colheita, nos meses de maio a agosto (ALVES; AMARAL, 2011).

A produtividade do milho no Brasil em média chega (5.368 kg ha^{-1}), quando comparada com os E.U.A (8.000 kg ha^{-1}), sendo dessa forma, considerada baixa (CONAB, 2015). Duarte (2006) relata que as médias de produtividades do milho no Brasil são obtidas nas mais diferentes regiões, entrelaçando os diferentes sistemas de cultivo e finalidade, fazendo com que comprometa os valores médios satisfatórios obtidos em algumas regiões do país.

Segundo Peixoto (2011), o Brasil já usa tecnologias utilizadas nos países com alto índice de rendimento, buscando aumentar sua produção, sendo que atualmente já é possível encontrar médias de 10.000 Kg/ha e 12000 Kg/ha , porém o mesmo autor ressalta que é

importante um bom manejo como, controle de plantas daninhas e insetos, qualidade de distribuição e quantidade de sementes entre outros, pois não basta a tecnologia em si, mais sim uma difusão e adoção da tecnologia.

De acordo com decimo levantamento realizado pela CONAB (20015), no ano agrícola 2014/2015 a primeira safra no Brasil foi de 30.262,9 mil toneladas, com destaque para a região sul com 46% da produção nacional. Já a segunda safra apresentou um incremento de 3,9 % em relação a passada, com destaque para a região Centro-Oeste, maior produtor da segunda safra.

A previsão da produção Brasileira do milho, reunindo as duas safras do ano agrícola 2014/2015, deverá atingir esse ano 81.811,4 mil toneladas, o que representa um acréscimo de 2,2% em relação à produção passada, que atingiu 80.051,7 mil toneladas, (CONAB, 2015).

As maiores produções de milho no Brasil estão concentradas nas regiões sul, sudeste e - Centro-oeste. As regiões Norte e Nordeste apresenta potencial para aumentar sua produção de milho, pois apresentam características climáticas favoráveis a cultura, além de expansão territorial adequada para cultivo, no entanto, para que isso venha ocorrer, é necessário investimento em pesquisas e introdução de tecnologias específicas para essas regiões A região Nordeste tem se destacado com os mais baixos rendimentos na produção do milho sendo, esses baixos rendimentos associados a vários fatores como: baixo nível de capitalização com consequência para baixas quantidades de insumos utilizados, além da ausência de assistência técnica que os permitam manejar de forma mais adequada suas plantações (BRITO *et al.*, 2014).

Vários fatores podem interferir na produtividade de milho, fatores esses que podem advim desde as condições climáticas, tipo de solo, cultivar, manejo realizado pelo produtor, arranjo de plantas na área, espaçamento utilizado, tipo de sistema de cultivo, presença de ervas daninhas, entre outros. Além disso, como toda cultura possuem especificidades para um bom desenvolvimento a cultura do milho é bastante sensível a temperatura e a precipitação. De acordo com Cruz *et al.*, (2012) temperaturas na faixa de 25 e 30 °C são tidas como ideais, já temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 40 °C pode provocar problemas na germinação. Em estágio de floração temperaturas menores que 15,5 °C retardam o desenvolvimento. Silva *et al.*, (2010) relata que a temperaturas ideais para acultura do milho fica em torno de 21°C a 27 °C principalmente na emergência da floração e

que temperaturas noturnas acima de 24 °C, aumenta a respiração da planta, interferindo na taxa de fotoassimilados e diminuindo a produção.

Por ser uma planta de fisiologia C4, a cultura do milho responde de forma mais eficiente ao aumento da temperatura do que as plantas C3, isso é, possui mecanismo de crescimento acelerado, assim, o aumento da temperatura reduz o ciclo da cultura do milho com resposta positiva no enchimento dos grãos. Dessa forma, quanto melhor o aproveitamento da luz no ciclo da cultura, maior a probabilidade de maior produtividade, assim, a necessidade de sistemas de cultivo que preconizem melhor aproveitamento da luz solar é de fato um ponto muito positivo. Silva *et al.*, (2010) diz que o aproveitamento da luz está diretamente vinculado à população de plantas e de sua distribuição na área, idade das folhas e área foliar.

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

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

De acordo com Crusciol *et al.*, (2007) a cultura do milho é bastante sensível às variações de densidades de plantas. Hoje o aumento da densidade de plantas é bastante usado com a finalidade de elevar a produtividade, porém o rendimento de grãos do milho pode ser alterado com a competição intraespecífica proporcionada pelas diferentes densidades de plantas (SILVA *et al.*, 2002).

Laurer (1994) relata que quando se pensa em melhor arranjo, o mesmo tem que ser capaz de permitir uniformidade de plantas na área, possibilitando melhor utilização da luz, água e nutrientes. Modolo *et al.*, (2010), trabalhando com desempenho de híbridos de milho na região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas, concluíram que a redução no espaçamento entre linhas de 0,90 m para 0,45 m, promoveu aumento do número

de espigas por planta e o incremento na produtividade de grãos na cultura do milho, porém com redução da altura de plantas e de inserção da primeira espiga.

Kappes *et al.*, (2011), trabalhando com desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas, objetivando verificar o melhor arranjo em dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m), concluíram que o rendimento de grãos é influenciado pelos arranjos espaciais de plantas e que a utilização de menor espaçamento entre linhas (0,45 m) proporciona a obtenção de plantas com maior diâmetro de colmo.

2.2 Consórcio de forrageiras com milho

O consórcio de plantas é uma prática agrícola consagrada em toda região tropical, em especial na região Nordeste praticada por pequenos produtores Magalhães *et al.*, (2013). Consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais culturas na mesma área, não necessariamente plantadas ou semeadas ao mesmo instante, sendo realizada pelos agricultores como estratégia a reduzir o risco do seu negócio diante da irregularidade climática muito frequente nessas regiões.

De acordo com Francis (1986), o sistema de consorciação de culturas é uma alternativa que favorece ao produtor assegurar maior estabilidade de produção em sua atividade, pois permitirá melhor controle de pragas e doenças, além de otimizar o uso de mão de obra, controlar a erosão e diversificar matéria-prima para alimentação da família. Outra grande vantagem do sistema em consórcio, quando da combinação milho - forrageiras, é a produção desta última para alimentação animal. Esse sistema de plantio permite aumentar a produção de alimentos através da intensificação do uso da terra e melhor aproveitamento dos recursos naturais como, a radiação solar, água, nutrientes e CO₂. Dentre as várias opções de consórcio, destacam-se a associação entre leguminosas e gramíneas, RODRIGUES *et al.*, (2014).

Quando se fala em consorcio entre gramíneas e leguminosas, a de se pensar em palhada no solo, em virtude das vantagens que ela oferece ao mesmo. Em relação a permanência da palhada no solo, é de fundamental importância o conhecimento da relação C/N. Pois, matérias com alta relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo. Já as leguminosas favorecem uma rápida decomposição, propiciando ao solo pouca cobertura, por outro lado, a liberação de nutrientes é mais rápida, devido a decomposição acelerada, disponibilizando-os mais rapidamente para as culturas Giacomini *et al.*, (2003).

Nesse sentido, na consorciação entre gramínea e leguminosas, produz uma palhada com relação C/N intermediária, levando a menor taxa de decomposição, proporcionando assim, maior cobertura do solo por mais tempo.

Montezano *et al.*, (2006) afirma que em sistemas consorciados se estabelece um inter-relacionamento entre as culturas, do qual, poderá resultar uma inibição mútua (quando o rendimento das culturas for inferior à expectativa), cooperação mútua (quando o rendimento das culturas superar a expectativa) ou compensação (quando, diante da expectativa, uma cultura que produz menos é compensada por outra que produz mais do que a expectativa) (WILLEY, 1979).

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

No estado do Nordeste, onde as culturas predominantes são milho e feijão é comum o consórcio de culturas, entretanto, ainda é bastante eminentes conhecimentos sobre plantas de cobertura que possam produzir quantidade de matéria seca suficiente para o sistema, bem como manter ou elevar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas comerciais.

De acordo com Pereira *et al.*, (2014), diversas espécies forrageiras se destacam na consorciação com o milho, porém a *Brachiaria brizantha*, *B. ruzizienses*, *Panicum maximum* cv. *Tanzânia* e *P. maximum* cv. *Mombaça*, tem se destacado no meio literário, pois, fornecem grande quantidade de massa (matéria seca), sendo uma das premissas fundamentais em sistema plantio direto, apresentando alta relação C/N, que diminui a velocidade de decomposição da palha e por consequência protegendo o solo por mais tempo contra erosão, radiação solar e cria microclimas favoráveis a biota do solo.

Segundo Sereia *et al.*, (2012) devido a diferença de crescimento entre forrageiras e milho, essa atividade tornou-se uma boa opção no estabelecimento de pastagens ou de culturas para a cobertura do solo. Enquanto que o milho é uma planta anual com elevada taxa de crescimento na sua fase inicial, transformando toda energia em grão, a maioria das forrageiras apresenta em sua fase inicial crescimento lento, formando raízes profundas e perfilho com folhas e colmos, só para depois emitirem inflorescência. Assim, sendo realizadas

todas as adequações necessárias no manejo das culturas, é possível a produção de grãos de milho quase sem competição com a forrageira.

De acordo com Machado *et al.*, (2013) a maiorias das forrageiras perenes podem ser estabelecidas em consorcio com o milho, porém deve se atentar para o objetivo a que se destina. Sendo necessário o máximo de conhecimento da espécie forrageira que será cultivada. Segundo o mesmo autor, se o objetivo do consórcio for manter cobertura no solo, deve-se escolher uma forrageira que seja de fácil dessecação, que produza massa suficiente para cobrir o solo, mais que não tenha crescimento em excesso, Ferreira *et al.*, (2010) afirma que a *B. ruziziensis* possui características que atendem tais requisitos; já se o propósito for estabelecimento de pastagens anuais para utilização entre a colheita do milho safrinha e a soja, deve-se primeiro considerar o preço das sementes, a facilidade de dessecação e a produção de forragem, sendo conveniente o uso de espécies mais produtivas como *B. brizantha* e *P. maximum* e por fim, se o propósito for o estabelecimento de pastagem perenes com exceção da *B. ruziziensis* e *B. decumbens* em virtude da suscetibilidade dessas forrageiras à cigarrinha-das-pastagens todas citadas podem ser utilizadas.

Além do mais, os sistemas radiculares das forragens trazem vários benefícios ao solo e de acordo Seidel *et al.*, (2014), os sistemas radiculares 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. Os mesmos autores relatam que as forrageiras melhoram a porosidade do solo, por meio do aumento da estabilidade dos agregados, resultando em aumento da macroporosidade do solo. Os mesmos, avaliando as propriedades físicas do solo e a produção da cultura do milho em consórcio com a *Brachiaria brizantha* em função de duas época e sistemas de semeadura, concluíram que os componentes de produção da braquiária foram menores quando esta foi semeada 25 dias após a semeadura do milho, quando a braquiária foi semeada na linha.

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), além de permitir maior atividade da macrofauna no solo (Marchão *et al.*, 2007). Outros benefícios no consórcio é a redução de plantas daninhas (Jakelaitis *et al.*, 2004; Fonseca *et al.*, 2007; Borghi *et al.*, 2008; Pacheco *et al.*, 2009); e o incremento na produtividade de lavouras subsequentes (ARGENTON *et al.*, 2005; BARDUCCI *et al.*, 2009).

2.3 Atributos Físicos do solo

Com o crescimento populacional e à crise de alimentos no mundo, o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso cada vez mais frequentes de pesticidas e fertilizantes, muitas vezes de forma inadequada, tornaram-se práticas comuns para o aumento da produção. Tal situação pode ir de encontro com a degradação dos recursos naturais, sustentabilidade agrícola e a função do solo. Em meio a esses fatos, a comunidade científica no início dos anos 90 cientes da importância do solo, manifestou-se preocupação com a qualidade do mesmo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Para Doran & Parkin, (1994), qualidade do solo é um enfoque, no qual tem a capacidade de funcionar numa faixa ideal do ecossistema, mantendo a produtividade e sustentabilidade do sistema. Devido a sua importância, a qualidade física do solo tem sido destaque de vários trabalhos, pois se acredita que esta exerce grande influência nos processos químicos e biológicos no solo, com consequência na produtividade agrícola (DEXTER, 2004).

O manejo do solo é uma realidade quando se pensa em trabalhar com agricultura, o grande problema é, como manejar de forma adequada o solo para que o mesmo possa servir de suporte físico, químico e biológico para as culturas, permitindo que as mesmas possam ter uma boa produtividade por um bom período?

Além do mais, o solo é o alicerce fundamental em sistemas de produção e as propriedades físicas do mesmo podem ser modificadas de acordo com a adoção das práticas de manejo, que podem eventualmente afetar diretamente o rendimento das culturas. Diante desse contexto, é importante que se conheça às características físicas do solo a ser trabalhado, fazendo um acompanhamento periódico, de modo que possibilite correções das práticas que eventualmente estejam inadequadas, através de alternativas que melhorem ou mantenha boa estrutura física, capaz de permitir bom crescimento radicular e bom suprimento de água, nutrientes e oxigênio (MOTA *et al.*, 2011; BLAINSKI *et al.*, 2008).

O uso inadequado do solo pode ser oriundo de vários fatores, como a falta de conhecimento ou tecnologia adequada, ausência de assistência técnica, entre outros, porém, o uso de máquinas agrícolas cada vez mais pesadas, e usadas muitas vezes, fora das condições de umidade do solo adequada na operação desejada, é corriqueiro no meio rural. Tais fatos podem favorecer ao processo de compactação do solo, que quando não corrigido pode levá-lo a estágio de degradação.

Fageria *et al.*, (2007) defini degradação como um processo de deterioração da estrutura física, química e biológicas do solo, no qual, tem ação direta sobre o declínio da fertilidade e nas condições estruturais, erosão, salinidade, alcalinidade, acidez e efeitos de elementos tóxicos, poluentes ou inundação excessiva. Os mesmos autores afirmam ainda, que é importante manter a qualidade do solo em nível desejável para que possa ser mantida ou aumentada a produtividade agropecuária.

Silva *et al.*, (2000) relata que a compactação do solo ocorre quase sempre de maneira habitual em propriedades que utilizam com frequência máquinas e implementos, ou em áreas onde o pisoteio dos animais é intenso. Segundo Flowers & Lal (1998), a principal causa da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita, não pelo uso em si, mais sim, pelo momento inadequado de realizar as operações, como teor de água no solo, tipo de pneu, adequação da máquina e falta de mão de obra qualificada, juntos esses fatores contribuem diretamente para as mudanças física do solo.

Já Para Hamza e Anderson (2005) a compactação do solo é um processo que pode acontecer em decorrência dos fatores pedogenéticos ou através das ações antrópicas, e consiste na diminuição do espaço poroso do solo e em aumento da densidade, através de um contato mais próximo entre suas partículas. Por isso, a mesma é um dos principais entraves na atual agricultura, apontada como um dos fatores que mais limita a produtividade agrícola, pois diminui a infiltração da água no solo (Kulli *et al.*, 2003), além de aumentar o escoamento superficial, podendo ocasionar a erosão do mesmo (HORN *et al.*,1995).

Para Magalhães *et al.*, (2009) o processo de compactação do solo, está diretamente relacionado a outros atributos físicos do solo, como forma e tamanho de agregados, estrutura, além, dos fatores químicos e biológicos. Assim, o reconhecimento de qual fator está de fato contribuindo de forma mais expressiva no processo de compactação é de extrema importância para que possa ser identificada e monitorada para fins de tomadas de decisão.

Dalchiavon *et al.*, (2011) relata que solos compactados, afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, devido ao impedimento mecânico ao sistema radicular, resultado em menor volume de solo explorado, diminuindo a absorção de água e conseqüentemente de nutrientes através da solução do solo, refletindo diretamente em baixas produtividades pelas culturas. Para Prevedello (1996), a partir do momento que a parte física do solo afeta a resposta das culturas, é necessário o uso estratégico de manejo com o objetivo

de manter um solo produtivo, analisando suas propriedades físicas de porosidade, densidade e resistência.

Beulter *et al.*, (2004) avaliando o efeito da compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja em Latossolo Vermelho de textura média, com diferentes passadas de um trator sobre a superfície do solo, concluíram que o aumento da compactação do solo aumenta a densidade, a superfície e a massa de matéria seca das raízes, na camada superficial (0,0–0,05 m), e causa decréscimo linear nas camadas mais compactadas (0,05–0,10 e 0,10–0,15 m).

Guimarães *et al.*, (2002) estudando o efeito da compactação do solo sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea do feijoeiro, concluíram que o aumento da compactação do solo afetou negativamente o desenvolvimento radicular e da parte aérea do feijoeiro, tendo um efeito mais expressivo a partir da densidade do solo de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$. Segundo Drescher (2011), há uma estreita relação entre algumas propriedades físicas e mecânicas do solo com a compactação, dentre as quais, merecem destaque, a densidade do solo, a porosidade e a resistência do solo à penetração.

2.3.1 Densidade do solo

A densidade do solo é um dos métodos para confirmar o estado de compactação que determinado solo se encontra. Durante o processo de compactação, vão ocorrendo aproximações entre as partículas do solo, e esse movimento de proximidades entre as partículas, são responsáveis em aumentar a densidade do mesmo Dias Junior e Pierce, (1996). Para Rossetti (2010) a densidade do solo é um atributo físico que varia com o tempo, nos quais as variações podem ocorrer por meio de processos naturais de adensamento e/ou práticas de manejo como cultivo, trânsito de máquinas agrícolas, incorporação de matéria orgânica, entre outros.

O preparo é uma das mais importantes e principais operações de manejo do solo, que tem como objetivo criar condições adequadas ao desenvolvimento das culturas. No entanto, seu principal efeito reflete diretamente na estrutura do solo (Silva e Mielniczuk, 1997; Cavenage *et al.*, 1999), um dos principais atributos que respondem a influência do tipo de preparo do solo é a densidade.

No meio científico diversas pesquisas mostram diferentes resultados para a densidade quando se trabalha com diferente sistema de preparo do solo. Tormena *et al.*,

(2004) ao avaliar o efeito dos sistemas de preparo convencional, mínimo e plantio direto para algumas propriedades físicas do solo, os mesmos concluíram, que na camada superficial, a densidade foi reduzida sob as condições do cultivo convencional em comparação com o plantio direto e preparo mínimo. Resultados similares também foram constatados por Stone e Silveira, (2001) ao compararem diferentes sistemas de preparo do solo. Os referentes autores justificam altos valores para os sistemas conservacionistas ao tráfego cumulativo de máquinas associado à reduzida mobilização do solo e os baixos valores para convencional, ao revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais.

Silveira *et al.*, (2010) estudando em sistema de plantio direto os efeitos de quatro sistemas de manejo do solo e seis rotações de culturas, os mesmos concluíram que a densidade do solo no plantio direto contínuo tende a diminuir com o passar do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados por Stone e Silveira (2001) e Oliveira *et al.*, (2003), onde, observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos em virtude do aumento da matéria orgânica na camada superficial.

Muitos trabalhos têm mostrados resultados para a densidade do solo, denominado de nível crítico, acima do qual o solo é considerado compactado. É comum pesquisas relacionarem, o crescimento radicular em solos compactados, em virtude da densidade do mesmo. Para Argenton *et al.*, (2005), a deficiência de aeração inicia-se com valores de densidade próximos de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, já Klein (2006), analisando a densidade para uma mesma classe textural, verificou que o valor de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$ é limitante.

A densidade do solo é um atributo físico que possui uma dependência direta com sua classe textural. Dessa forma, Reichert *et al.*, (2003) propuseram valores críticos de densidade para solos argilosos de $1,30$ a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$; $1,40$ a $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-argilosos e de $1,70$ a $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-arenosos. Já Camargo e Alleoni (1997) consideraram crítico o valor de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco argilosos a argilosos. Sá e Junior (2005), afirmam que solos arenosos possuem valores mais elevados de densidade em relação aos argilosos.

Reinert *et al.*, (2008) avaliando limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho, concluíram que o crescimento normal das plantas de cobertura ocorre até o limite de densidade de $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$. Entre a faixa de $1,75$ e $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$, ocorre restrição com deformações na morfologia das raízes e, acima de $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$, há necessidade da mobilização do solo.

Canilas e Assolhe (2002), observaram redução na produtividade de milho em 1,1 Mg ha⁻¹ quando a densidade do solo aumentou de 1,53 para 1,62 Mg m⁻³ em solos muito argilosos. Lima *et al.*, (2007) ao realizar uma correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo, os mesmos concluíram uma significância entre a produtividade e os parâmetros físicos (porosidade total e a densidade do solo).

2.3.2 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo

Para que uma planta venha ter um crescimento adequado, ela necessita primordialmente de oxigênio, água e nutrientes. Sendo os dois primeiros condicionados pelo espaço poroso do solo. Os poros do solo são representados por formas e tamanhos diferentes, através do arranjo das partículas (MARQUES, 2000).

Na avaliação da qualidade estrutural de um solo, a porosidade é um dos atributos físicos mais importantes a ser considerado. A compactação ao reduzir o volume de macroporos, diminui a aeração do solo, podendo afetar o desenvolvimento e a produtividades das culturas. O solo adequado para um bom desenvolvimento da cultura é aquele que apresente um volume e dimensão de poros favoráveis a entrada, movimento e retenção de água e ar para suprir as necessidades das culturas (HILLEL, 1980).

Para Streck *et al.*, (2004) a porosidade do solo pode variar tanto em relação aos fatores intrínsecos do solo como, a matéria orgânica, mineralogia, textura, assim, como ao manejo realizado, no qual pode interferir na quantidade e distribuição de poros.

Embora ainda não exista uma separação que seja bem visível, em relação ao espaço poroso do solo, Marques (2000) relata que vários conceitos têm surgidos no sentido de classificar os poros quanto ao tamanho, considerando a geometria e a configuração do espaço poroso, sendo classificados em micro e macroporos. Tendo, os microporos, a responsabilidade de retenção da água por capilaridade, e os macroporos pela drenagem e aeração do solo, além de permitir a penetração das raízes (Suguino *et al.*, 2011; Silveira, 2013). Dessa forma, a quantidade de poros no solo irá influenciar no crescimento das raízes que por consequência impedirá ou não a absorção de água e nutrientes. Sanchez, (2012) relata que a redução dos macroporos podem induzir o crescimento lateral das raízes.

Além dos macros e microporos, existem os bioporos, que são espaços deixados no solo originados da ação de minhocas, formigas, cupins e pelas raízes das plantas (KLEIN e LIBARDI 2002).

De acordo com Araújo (2010) a macro e microporosidade do solo podem ser determinados por diversos equipamentos, tais quais: funil de placa porosa, câmara de pressão Richards com placa porosa, mesa de tensão, entre outros. Sendo, as amostras de solos indeformadas após a saturação, submetidas a uma tensão de sucção de 60 cm de coluna de água durante um determinado período de tempo. Tempo esse, necessário para drenar todo conteúdo da água dos macroporos. Ao final, a água drenada corresponderá ao volume total dos macroporos e a retida aos microporos.

De acordo com Barber *et al.*, (1996) em relação ao espaço poroso do solo, a propriedade que mais é afetada pelo manejo é a macroporosidade, sendo a estabilidade dos agregados inversamente proporcional ao tamanho dos poros, ou seja, poros grande que potencialmente apresentariam maiores poros, são destruídos mais rapidamente que os poros menores.

Para Ferreira, (2010) os poros são resultados do arranjo das partículas do solo, sendo dependente de sua estrutura e textura. A porosidade estrutural é mais afetada pelo manejo, ocorrendo diminuição porosidade total, macroporosidade e aumento na microporosidade. Em solos arenosos a tendência que tenha maior quantidade de macroporos, e por outro lado, acréscimos de microporos em solos argilosos.

De acordo com Arcoverde (2013) solos mais arenosos são bem mais drenados e arejados, enquanto solos de textura fina possuem capacidade de drenagem inferior, porém com maior porosidade total, em virtude do processo de microagregação que acontecem nas partículas argilosas, restando mais água.

De acordo com a (EMPRAPA, 1999) os Argissolos apresentam como características, a presença de horizonte B textural com argila de baixa atividade, profundidade variável, de forte a imperfeitamente drenados, com textura variando de argilosa a arenosa no horizonte A, e de média a muito argilosa no horizonte Bt. Melo, (2014) trabalhando em um Argissolo avaliando a qualidade física do mesmo em função do tipo de preparo e cargas verticais aplicadas no depósito de fertilizantes de uma semeadora, encontrou maior quantidade de microporos em relação a macroporosidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2008), onde concluíram que em plantio convencional (aração e gradagem) quando comparado sistemas mais conservacionista como, o plantio direto, resulta

em menor densidade e maior macroporosidade. Ambos autores sugerem adoção de práticas mais conservacionistas para melhorar a estrutura do solo.

Tendo em vista, que o processo de mudanças no espaço poroso do solo, pode ser um indicativo de compactação do mesmo, Braida *et al.* (2010) afirmam que sistemas no qual preconizam aporte de palha no solo a susceptibilidade a compactação pode ser alterada. Stefanoski *et al.* (2013), recomendam que em solos degradados adotem práticas que favoreçam a estruturação do solo, como aquelas que elevam teores de matéria orgânica.

Kiehl (1979), relata que o solo ideal para a produção agrícola tenha uma porosidade total próximo a $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ com 34 % para os macroporos e 66% para os microporos. Porém com o manejo do solo, vão ocorrendo alterações em suas propriedades, modificando o arranjo das partículas, com conseqüências mudanças na macro e microporosidade do solo. Para Baver *et al.*, (1972) valores de macroporosidade menores que $0,10$ a $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são considerados críticos para o desenvolvimento das plantas. Tormena *et al.*, (1996) relata em valores ideais para o desenvolvimento das plantas, no qual devem estar na faixa $0,09$ a $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Jesus, (2006) avaliado os atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto, verificou que a microporosidade variou de $0,42$ a $0,48 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, macroporosidade entre $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ valores estes considerado críticos para trocas gasosas Reynolds *et al.*, (2002), e porosidade entre $0,49$ a $0,56 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. O autor conclui que o sistema integração lavoura pecuária causa alterações nas propriedades físicas dos solos, principalmente na camada superficial, fato esse justificado pelo pisoteio de animais.

Mendonça *et al.*, (2012), avaliando os atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados, encontraram incremento na macroporosidade do solo, quando comparou os resultados após a colheita da soja com a colheita do milho.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Chioderoli *et al.*, (2012), os quais encontraram valores de macroporos após a colheita da soja superiores, quando comparados com a amostragem anterior ao consórcio de milho outonal com *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens* e após a colheita do milho.

Costa *et al.*, (2015) relata que na relação entre a textura e microporosidade do solo, os solos argilosos possuem maiores valores de microporosidade. Costa (2013), afirma

que o movimento de água no solo ocorre nos macroporos, dessa forma, solos que apresentam mais microporos, terá uma tendência a menor permeabilidade.

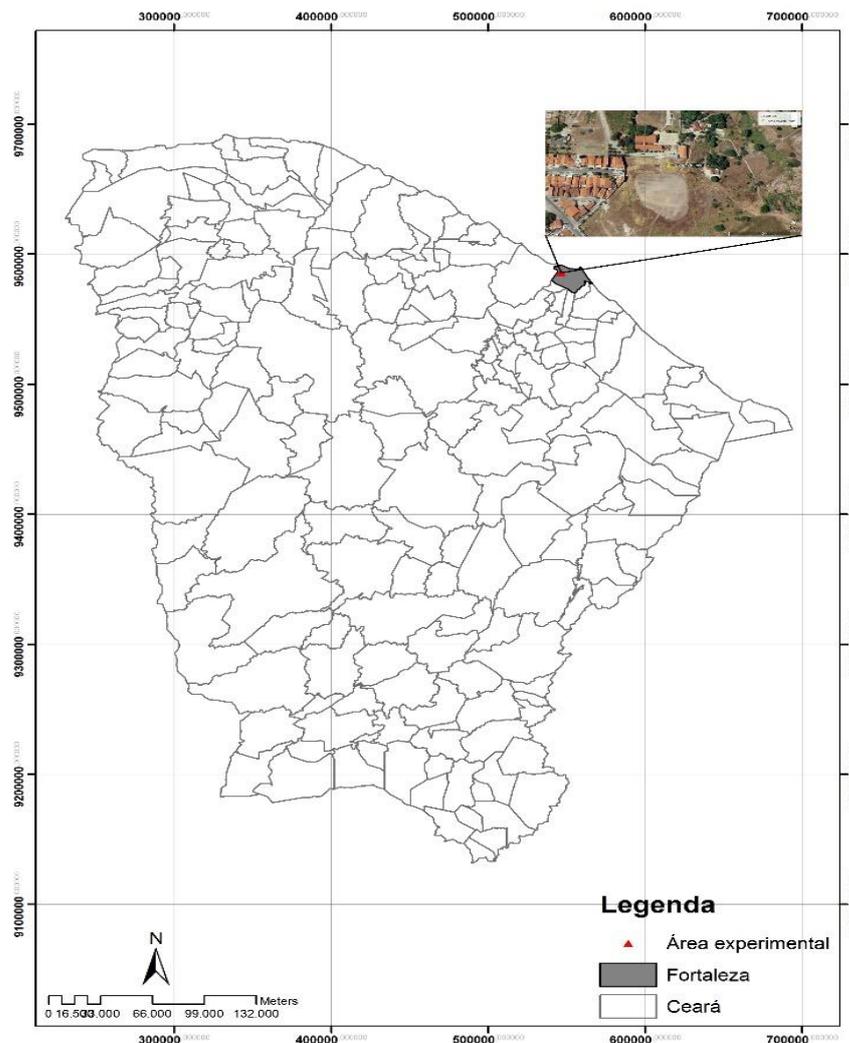
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado na área experimental pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus Pici, com localização geográfica de 03°43' latitude Sul e 38°32' longitude Oeste, situada a 19 m de altitude.

Figura 1- Localização da área experimental

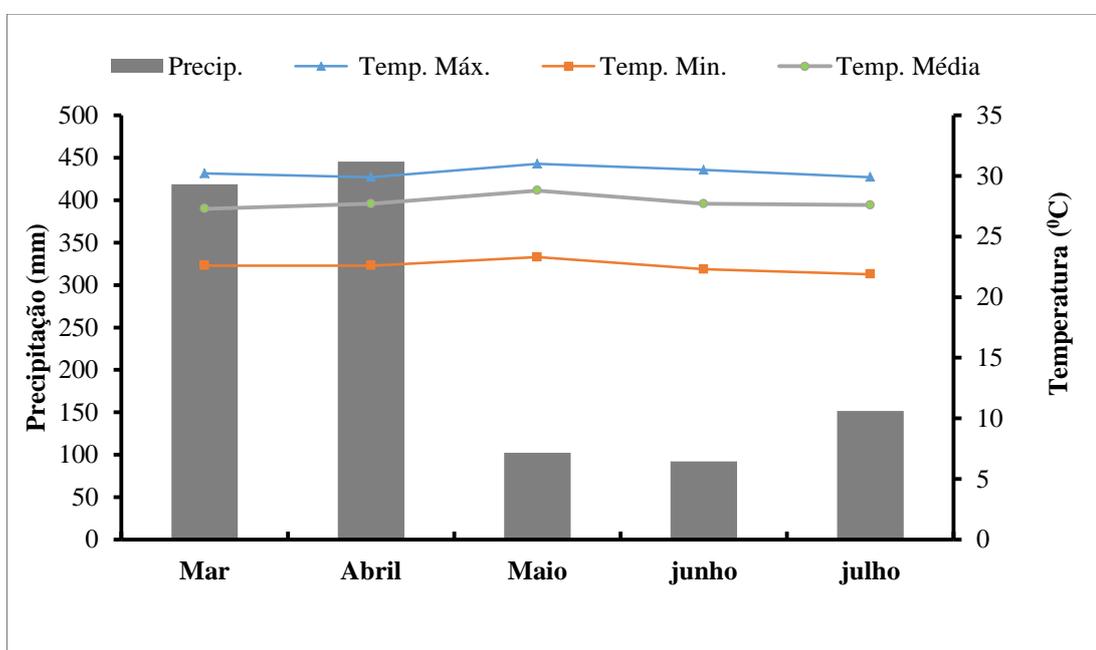


Fonte: Autor .

3.1.2 Dados climáticos

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região apresenta-se como tropical chuvoso com precipitação de verão – outono, tipo Aw, com médias anuais de temperatura de 28 °C e precipitação de 900 mm. No gráfico 1 encontram-se os dados de temperatura (média, mínima e máxima), e precipitação da estação meteorológica da UFC, Campus Pici.

Figura 2 - Dados meteorológicos relativos ao período de condução do experimento (março a julho 2015). Fortaleza – Ce, 2015



Fonte: Autor.

3.1.3 Manejo da irrigação

A área experimental recebeu irrigação por meio do sistema de aspersão convencional. Foi aplicada lamina de irrigação de acordo a demanda hídrica dos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho. Para isso, calculou-se a ET_0 pelo método do tanque classe A, instalado sobre grama com 100 m de bordadura, obtendo-se os coeficientes do tanque pelo método proposto por Doorenbos & Pruitt (1977). No cálculo da ET_C , multiplicou a ET_0 com K_c dos diferentes estádios da cultura principal (milho).

3.1.4 Solo

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1999).

Foi realizada a caracterização inicial física e química do solo na área experimental, conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Caracterização física do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, antes da instalação do experimento

Profundidades (m)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,0 - 0,10	0,09	0,14	0,23	1,78
0,10 - 0,20	0,08	0,14	0,22	1,77
0,20 - 0,30	0,07	0,13	0,20	1,80

Tabela 2 - Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0,0 – 0,10; 0,10 – 0,20; 0,20 – 0,30 m de profundidade

Profundidades (m)	pH (H ₂ O)	Caracterização da área								V (%)	m (%)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T		
0,0-0,10	5,5	14	11	15	14	14,9	10	28	43	65	30
0,10-0,20	5,2	13	0,7	12	10	16,5	10	22	39	57	40
0,20-0,30	5,1	10	0,8	15	9	18,2	15	20	39	53	70

3.1.5 Insumos básicos

3.1.5.1 Sementes

Utilizou-se sementes do milho híbrido GNZ 2005 YG, visando uma população de 70 mil plantas ha⁻¹, com espaçamento entrelinhas de 0,80m, densidade de semeadura de 5,6 sementes m⁻¹ semeado no dia 14/03/2015. Na consorciação foram utilizadas 13 Kg/ha de sementes da forrageira *Brachiaria brizantha*, 12 Kg/ha do *Panicum maximum cv. Mombaça* e 11 Kg/ha da *Crotalaria spectabilis a.*

3.1.5.2 Fertilizantes

Foi realizada adubação de base e de cobertura na cultura do milho, onde na adubação de base utilizou-se 250 kg ha⁻¹ de fertilizante da formula comercial (10-28-20) e na adubação de cobertura, realizadas nos estádios V₂, V₄ e V₈ do milho foi usado 300 kg ha⁻¹ de uréia e 120 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, correspondendo a adubação de nitrogênio e potássio.

3.1.5.3 Defensivos agrícolas

No dia 27/03/2015 treze dias após a semeadura, efetuou-se uma aplicação do produto Lufenurom (i.a) na dose de 18 g ha⁻¹ do ingrediente ativo contra a presença da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lanat BR inseticida fosforado (princípio ativo: metomil).

3.1.5.4 Máquinas e equipamentos

No quadro 1 estão relacionados as máquinas e equipamentos utilizados na condução do experimento.

Quadro 1 - Máquinas e equipamentos utilizados na condução do experimento

Operação	Trator	Equipamentos
Semeadura	Trator 4x2 TDA, modelo VALTRA BM 120 com potência máxima de 88,32 kW (120 cv) no motor, na rotação de 1.900 rpm, apresentando massa de 6.600 kg, distribuídos 40% na dianteira e 60% na traseira.	Semeadora pneumática de precisão da marca Jumil, modelo JM2090 PD, montada com três linhas espaçadas de 0,80 m, com capacidade máxima de 39 L nos depósitos de adubo e semente, configurado com disco duplo desencontrado para deposição de sementes e hastes para deposição do adubo.
Controle de pragas	-	Bomba costal de 20L
Trilha	O trator Massey Ferguson 265 4x2 com 47,80 kW (65 cv).	Trilhadora estacionária da marca Maqtron modelo B-150.

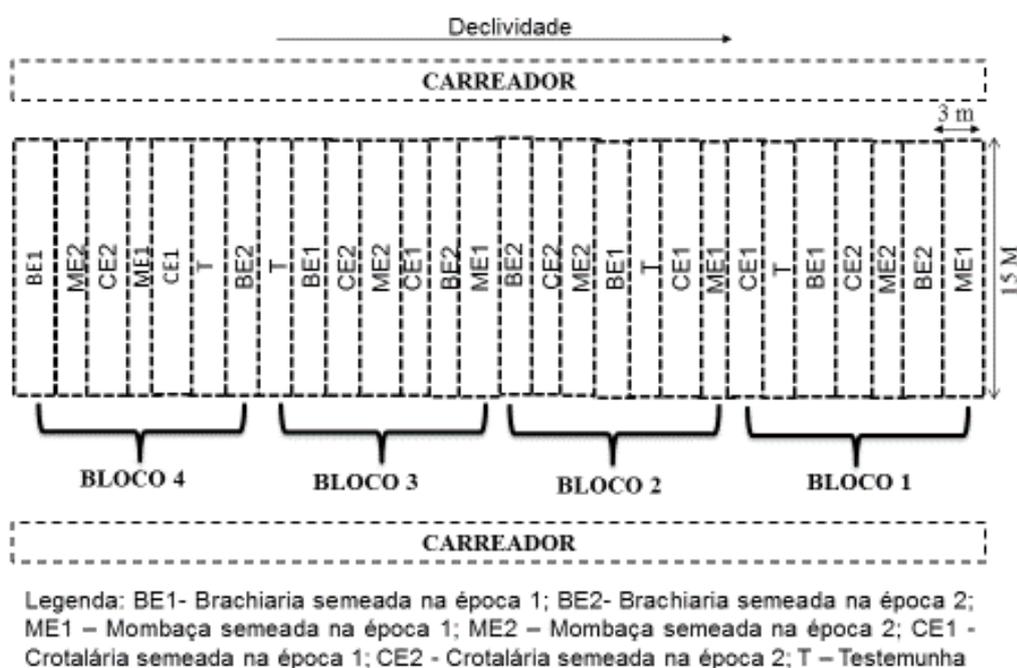
3.2 Métodos

3.2.1 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em bloco casualizados (DBC) com 7 tratamentos em esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, sendo três espécies forrageiras, duas épocas de semeadura e o milho solteiro sem consórcio, tendo 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais.

Cada parcela experimental foi constituída de três linhas de milho espaçadas a 0,80 m e quatro linhas de forrageiras, sendo duas entre as linhas centrais do milho e duas nas laterais. Cada parcela tinha 3 m de largura com 15 m de comprimento e área útil 5 metros de comprimento por 0,80 m de largura por linha, $(3 \times 0,80 \text{ m} \times 5 \text{ m})$, totalizado 12 m^2 de área útil por parcela.

Figura 3 - Distribuição das parcelas na área experimental



3.2.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por três espécies de forrageiras: (*Brachiaria Brizantha*, *Mombaça* e *Crotalária*) consorciadas com o milho em duas épocas de semeadura, sendo, época 1: semeadura das forrageiras na entrelinha do milho, misturada com o adubo de base, e época 2: semeadura das forrageiras na entrelinha, no estágio V4 do milho:

BE1 - *Brachiaria* em consórcio com o milho, semeada no mesmo dia do milho.

BE2 - *Brachiaria* em consórcio com o milho semeada em estágio V4 do milho.

ME1 - *Mombaça* em consórcio com o milho, semeada no mesmo dia do milho

ME2 - *Mombaça* em consórcio com o milho semeada em estágio V4 do milho.

CE1 - *Crotalária* em consórcio com o milho, semeada no mesmo dia do milho.

CE2 - *Crotalária* em consórcio com o milho semeada em estágio V4 do milho.

T - Milho sem consórcio, testemunha.

3.2.3 Avaliações

As análises dos dados foram obtidas por meio do programa estatísticos Assistat Versão 7.6 beta. Primeiramente os dados foram submetidos a uma análise descritiva, permitindo a mesma analisar os seguintes parâmetros: média, desvio padrão, coeficiente variância, simetria e curtose, sendo os dois últimos, utilizados na realização da normalidade dos dados, procedendo a normalidade foi feito a análise de variância (ANOVA) para as médias que apresentaram normais. Para comparação das médias foi usado o teste Tukey a 5 % de probabilidade e para comparação do fatorial com a testemunha foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$) onde, tendo interações significativas foi apresentado o desdobramento.

3.2.4 Determinação dos Atributos Físicos do solo

Os atributos físicos do solo foram determinados com monólitos indeformados, coletados em anéis de volume conhecido (altura de 50 mm e diâmetro de 43 mm), retirados das camadas 0,0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m com uso de amostradores Uhland adaptados, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). Para determinação da densidade, macroporosidade e microporosidade utilizou-se o método da mesa de tensão, realizadas no laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade Federal do Ceará – UFC. A

porosidade total foi calculada pela soma dos valores de macroporosidade e microporosidade do solo. As coletas foram realizadas após a colheita do milho.

3.2.5 Avaliações fitotécnicas e componentes de produção na cultura do milho

3.2.5.1 População final de plantas

Para estas avaliações, foram contadas todas as plantas presentes na área útil das parcelas e os valores encontrados passaram para número de plantas ha^{-1} .

3.2.5.2 Altura de planta, Altura de inserção da 1ª espiga e Diâmetro do *colmo*

No estágio de florescimento do milho foi realizada a altura média da planta por meio da medição com régua de madeira graduada em centímetros, medindo a distância entre o colo da planta até a folha bandeira, tomadas medidas de 10 plantas da área útil de cada parcela.

Figura 4 A – Altura de planta



Fonte: Autor

Figura 4 B – Altura de planta



Fonte: Autor

Foi realizada também nas respectivas plantas, a altura de inserção de 1^a espiga medindo com régua de madeira graduada em centímetros, a distância entre o colo da planta até a base da primeira espiga.

Figura 5 – Inserção de 1^a espiga



Fonte: Autor

Por fim foi determinado o diâmetro do colmo nas respectivas 10 plantas por parcela, utilizando um paquímetro graduado em milímetros, avaliadas no estágio R1 do milho. Para esta medição considerou-se o primeiro entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

Figura 6 – Diâmetro do colmo



Fonte: Autor

3.2.5.3 Número de espigas por hectare

Para esta avaliação, foram contadas as espigas das linhas centrais com cinco metros cada. Os valores encontrados foram extrapolados para número de espigas ha⁻¹.

3.2.5.4 Número de fileiras de grãos por espigas e Número grãos por fileiras

Para essas avaliações foram contados o número de fileiras de grãos de cinco espigas de cada parcela e para número de grãos por fileiras contou-se o número de grãos por fileira de cinco espigas de cada parcela.

3.2.5.5 Produção de grãos

Para esta avaliação, foram coletadas as espigas da área útil de cada parcela e as mesmas trilhadas em uma trilhadora mecânica estacionária. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, baseadas nas Regras de Análise de Sementes BRASIL (1992) pela equação 4:

$$P = I \cdot \frac{(100-U)}{100-13} \dots \dots \dots (4)$$

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

U = Teor de água atual dos grãos, em %

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

3.2.5.7 Massa de 1000 grãos

Para determinação desta variável, foi feita a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos (BRASIL, 1992), que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim, a massa de 1000 grãos.

3.2.5.8 Produção de massa seca da palhada do milho

Primeiramente foi realizado o corte das plantas de milho a 2 cm acima da superfície do solo dentro da área útil de cada parcela e, em seguida, foram pesadas todas as plantas descontando-se o peso dos grãos após a trilha, obtendo-se assim, o peso da massa verde da palha. Posteriormente a amostra foi submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar, por 72 h a 65 °C, determinando-se a % de água e posterior cálculo da produção de massa seca de palha por hectare.

3.3 Produção de massa seca da palhada das forrageiras

Foi realizado o corte das forrageiras aproximadamente 2 cm acima da superfície do solo, em seguida, todas as plantas da área útil das parcelas foram pesadas, obtendo o peso da massa verde da palha. Posteriormente retirou-se amostras de aproximadamente 500 g, onde foi submetida à estufa com circulação forçada de ar, por 72 h a 65 °C para posterior secagem, determinando-se a % de água e posterior cálculo da produção de massa seca de palha por hectare.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A normalidade dos dados está apresentada em gráficos de acordo com os valores de simetria e curtose, seguindo a metodologia de MONTGOMERY (2004).

Os resultados da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros avaliados estão demonstrados no Apêndice A e B e as estatísticas descritivas básicas no Apêndice C e D.

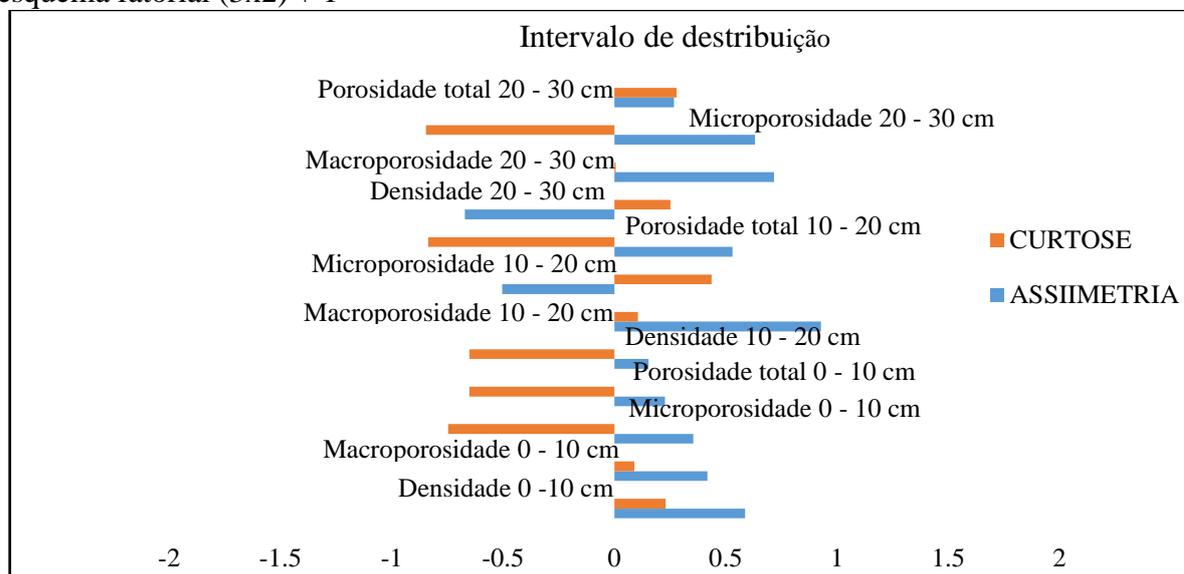
Os resultados das médias dos tratamentos: Forrageiras (F) e Épocas de semeadura (E) estão apresentados em tabelas. Quando ocorreu interação entre os tratamentos foi apresentado tabelas de desdobramento.

Nas tabelas 3 e 4 constam os resultados dos atributos físicos do solo, comparando o milho sem consórcio (testemunha) com os tratamentos em consórcio. Já nas tabelas 6 e 10 estão representados os resultados de cada forrageira, assim como, da época de semeadura de forma separada, sendo possível assim, avaliar as forrageiras entre si independentes da época, como também, analisar a época de semeadura de forma independente, porém quando da ocorrência de interação entre forrageiras (F) e épocas (E) foram apresentados os desdobramentos.

4.1 Normalidade dos dados

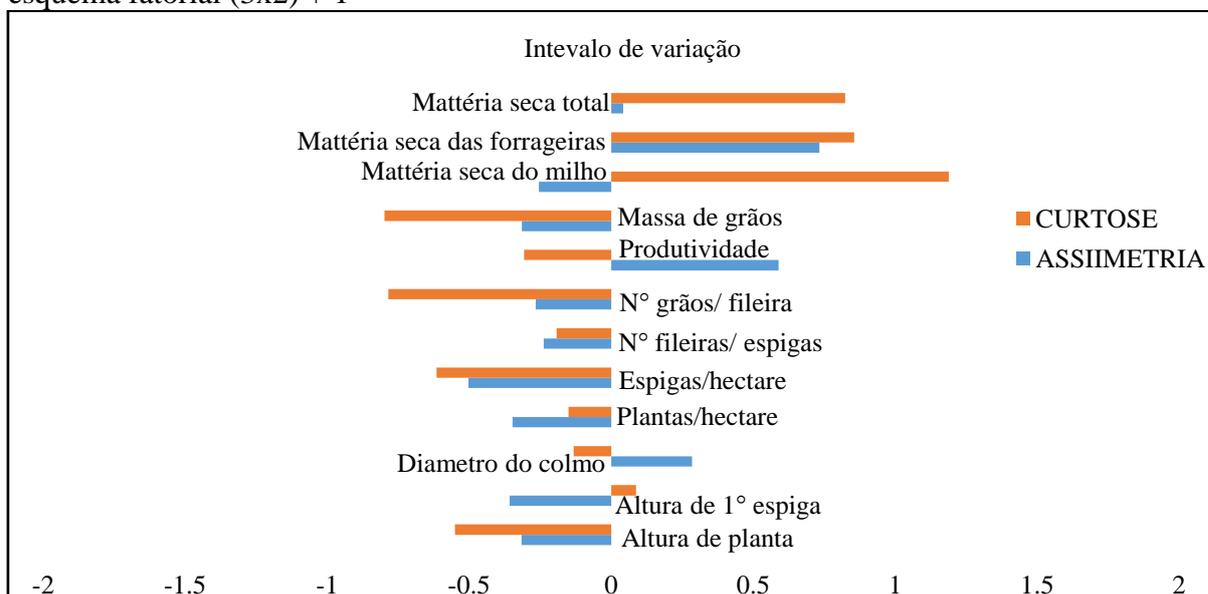
Nos gráficos 2 e 3 estão apresentados os valores de assimetria e curtose para os parâmetros físicos do solo (densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m), fitotécnicas e de produção do milho (altura de plantas, altura de inserção 1º espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, MS milho, MS das forrageiras, MS total, plantas/ha, espigas/ha e produtividade. De acordo com os referidos gráficos, todos parâmetros apresentaram distribuição normal.

Figura 7 – Assimetria e curtose dos dados de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para esquema fatorial (3x2) + 1



No gráfico 3 está apresentado os valores de Assimetria e curtose para os parâmetros: altura de plantas, altura de inserção 1° espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, MS milho, MS das forrageiras, MS total, plantas/ha, espigas/ha e produtividade.

Figura 8 – Assimetria e curtose dos dados de altura de plantas, altura de inserção 1° espiga, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, MS milho, MS das forrageiras, MS total, plantas/ha, espigas/há e produtividade para esquema fatorial (3x2) + 1



4.2 Atributos Físicos do solo

Na tabela 3, os valores mostram que houve diferença significativa para os atributos macro e microporosidade do solo nas camadas superficiais 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m para as diferentes forrageiras nas épocas de semeadura quando comparado com a testemunha (milho solteiro). De acordo com a referida tabela, a forrageira *Mombaça* inserida na época 1 (E1) de semeadura, apresentou maiores valores de macroporosidade na camada 0,0-0,10 m. Esse resultado possivelmente deve-se ao fato da forrageira *Mombaça* apresentar vasto sistema radicular e rápido crescimento inicial, o que pode ter contribuído nos resultados encontrados. Já na camada de 0,10-0,20 m foram encontrados valores inversos, onde as forrageiras *Mombaça* e *Crotalaria* em consórcio com o milho, ambas inseridas na época 1 de semeadura, apresentaram menores valores em relação as demais forrageiras, porém não diferindo significativamente do milho solteiro.

Tabela 3. Valores médios da macroporosidade, microporosidade, avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

Causas de variação		Profundidades (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Forrageiras	Épocas	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)		
<i>U. Brizantha</i>	E1	0,15b	0,09b	0,10
<i>U. Brizantha</i>	E2	0,16b	0,15a	0,12
<i>Crotalaria</i>	E1	0,12b	0,14a	0,10
<i>Crotalaria</i>	E2	0,16b	0,16a	0,16
<i>Mombaça</i>	E1	0,25a	0,09b	0,13
<i>Mombaça</i>	E2	0,15b	0,17a	0,11
T		0,15b	0,07b	0,12
FxT		1,18*	86,69**	0,01 ^{NS}
DMS		0,04	0,03	0,09
CV (%)		12,64	10,61	37,02
Forrageiras	Épocas	Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
<i>U. Brizantha</i>	E1	0,07	0,14a	0,14
<i>U. Brizantha</i>	E2	0,08	0,07b	0,11
<i>Crotalaria</i>	E1	0,13	0,17a	0,18
<i>Crotalaria</i>	E2	0,09	0,13a	0,10
<i>Mombaça</i>	E1	0,10	0,14a	0,14
<i>Mombaça</i>	E2	0,14	0,13a	0,13
T		0,10	0,16a	0,12
FxT		0,01 ^{NS}	10,23**	0,36 ^{NS}
DMS		0,08	0,04	0,06
CV (%)		42,65	13,64	22,25

*significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05) e **significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{NS} (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). E1 – Época 1 de semeadura; E2– Época 2 de semeadura; T – Testemunha; *U. Brizantha* - *Urochloa brizantha*; *Crotalaria* e *Mombaça*.

Na camada de 0,20-0,30 m, as forrageiras em diferentes épocas de semeadura não apresentaram efeito significativo, para macro e microporosidade do solo. Esses resultados possivelmente devem-se ao fato dos sistemas radiculares das forrageiras terem encontrado dificuldade para se desenvolver na referida camada, tendo em vista, que a área do presente trabalho nunca recebeu experimento com culturas, o que de certa forma, acentua-se como um empecilho no desenvolvimento das raízes em profundidades. Além do mais, a referida camada apresentou maiores médias de densidade do solo (tabela 4), o que pode também ter contribuído para a não diferença em profundidades nos valores de macro e microporosidade do solo.

Em relação a microporosidade do solo, houve diferenças significativas na camada de 0,10-0,20 m, onde a forrageiras *Brachiaria* inserida na época 2 (E2) diferiu apresentando menores valores de microporosidade.

Para os valores de porosidade total (tabela 4) avaliada nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m foi obtido resultados semelhante aos encontrados para a macroporosidade e microporosidade do solo (tabela 3), com diferença significativas e aumento para as diferentes forrageiras nas épocas de semeadura quando comparado com a testemunha, onde a *Mombaça* na época 1 (E1) foi superior e estatisticamente diferente da testemunha, assim como das demais forrageiras. Esses resultados já eram esperados, pois a porosidade total é resultado do somatório da macro e microporosidade do solo (SILVA, 2010; MICHELON, 2010).

Para o atributo densidade do solo, também foram encontradas diferenças significativas das forrageiras comparadas com a testemunha, onde a testemunha (milho solteiro) apresentou maiores valores, 1,80 a 1,82 kg dm⁻³ nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m respectivamente. O histórico da área, na qual tinha como rotina usos de máquinas e implementos agrícolas na condução de aulas práticas, pode ter contribuído no referido resultado. Além do mais, vários autores afirmam que as práticas de manejo são mais acentuadas em solos arenosos do que em solos argilosos.

Tabela 4: Valores médios da porosidade total e densidade do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

Causas de variação		Profundidades (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Forageiras	Épocas	Porosidade total (m ³ m ⁻³)		
<i>U. Brizantha</i>	E1	0,23b	0,23b	0,26
<i>U. Brizantha</i>	E2	0,24b	0,23b	0,22
<i>Crotalaria</i>	E1	0,25b	0,24b	0,28
<i>Crotalaria</i>	E2	0,25b	0,28b	0,27
<i>Mombaça</i>	E1	0,35a	0,32a	0,25
<i>Mombaça</i>	E2	0,29a	0,30a	0,24
T		0,25b	0,234b	0,25
F×T		8,74 ^{**}	4,90 [*]	0,05 ^{NS}
DMS		0,04	0,05	0,08
CV (%)		6,71	10,35	16,06
Forageiras	Épocas	Densidade (kg dm ⁻³)		
<i>U. Brizantha</i>	E1	1,66	1,75b	1,74b
<i>U. Brizantha</i>	E2	1,71	1,68b	1,75b
<i>Crotalaria</i>	E1	1,66	1,73b	1,74b
<i>Crotalaria</i>	E2	1,65	1,74b	1,74b
<i>Mombaça</i>	E1	1,62	1,65b	1,70b
<i>Mombaça</i>	E2	1,69	1,71b	1,66b
T		1,69	1,80a	1,82a
F×T		0,35 ^{NS}	8,24 [*]	4,50 [*]
DMS		0,15	0,15	0,13
CV (%)		4,48	4,29	3,86

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e **significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{NS} (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). E1 – Época 1 de semeadura; E2 – Época 2 de semeadura; T – Testemunha; *U. Brizantha* - *Urochloa brizantha*; *Crotalaria* e *Mombaça*.

Segundo Sanchez (2012), valores de 1,5 kg dm⁻³ em solos argiloso pode significar um elevado grau de compactação do solo afetando diretamente o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, enquanto que em solos arenosos pode não está com tal problema. Deste modo, considerando que o solo avaliado possui textura franco-arenosa e por meio da tabela de produtividade do milho em sistemas consorciado x milho solteiro, esses resultados fornecerá informações se os mesmos interferiram ou não no desenvolvimento das culturas.

Crusciol *et al.*, (2007) em trabalhando com apenas um ciclo na cultura do milho não encontrou diferenças de densidade do solo, quando da comparação, milho solteiro x consorciado, no qual os autores explicam que, os resultados podem terem ocorridos em virtude do período de amostragem do solo para análise física, ter sido muito precoce não dando tempo suficiente para a manifestação dos efeitos esperados.

A de se destacar na tabela 4, a baixa variabilidade dos dados representada pelo CV para a densidade do solo, onde o mesmo esteve entre 4,48 a 3,86 avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m respectivamente. Melo (2014) trabalhando no mesmo solo do referente trabalho, encontrou resultados semelhantes, com valores de 3,38 e 4,30. Basso *et al.*

(2011) e Chioderoli *et al.*, (2012) também encontraram resultados bem próximos aos referentes trabalhos, os quais variaram entre 4,21 e 9,07 %.

As diferenças significativas encontradas no presente trabalho para as forrageiras quando comparadas com a testemunha para os parâmetros físicos do solo tabelas 3 e 4 podem ser explicados por terem as forrageiras, maior quantidade de raízes atuando em um mesmo volume de solo, pois as forrageiras em consórcio com o milho, terão no somatório total, suas raízes mais a do milho em mesma área de solo. Já o milho solteiro terá apenas suas raízes. Além do mais, as raízes atuam em processos de agregação e estruturação do solo, assim, quanto maior a quantidade de raízes atuantes nesses processos e dependendo do tipo de raiz e condições estruturais do solo, maiores serão as modificações nas propriedades físicas do mesmo.

Conforme apresentado na (Tabela 5), verifica-se que nas camadas de 0,0-10 m, 0,10-0,20 m houve efeitos significativos entre forrageiras e épocas de semeaduras, para as variáveis de macro e microporosidade do solo.

Tabela 5. Valores médios da macroporosidade, microporosidade, avaliados nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

Causas de Variação		Profundidades (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
		Macroporosidade (m ³ m ⁻³)		
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,16	0,12	0,11
	<i>Mombaça</i>	0,14	0,15	0,13
	<i>Crotalária</i>	0,20	0,13	0,12
Épocas (E)	E1	0,17	0,11	0,11
	E2	0,16	0,16	0,13
Teste F	F	17,03 ^{**}	13,74 ^{**}	0,45 ^{NS}
	E	3,50 ^{NS}	95,67 [*]	1,08 ^{NS}
	F*E	26,00 ^{**}	9,98 ^{**}	1,37 ^{NS}
DMS	F	0,02	0,02	0,05
	E	0,02	0,01	0,04
CV (%)		12,64	10,61	37,02
		Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,07	0,11	0,13
	<i>Mombaça</i>	0,11	0,15	0,14
	<i>Crotalária</i>	0,12	0,14	0,13
Épocas (E)	E1	0,09	0,15	0,15a
	E2	0,10	0,11	0,12b
Teste F	F	2,43 ^{NS}	11,92 ^{**}	0,59 ^{NS}
	E	0,21 ^{NS}	27,04 ^{**}	9,48 ^{**}
	F*E	1,91 ^{NS}	3,62 [*]	3,06 ^{NS}
DMS	F	0,06	0,02	0,04
	E	0,03	0,02	0,03
CV (%)		42,65	13,64	22,25

*significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05) e **significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{NS}(não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). E1 – Época 1 de semeadura; E2– Época 2 de semeadura; *B. brizantha* - *Urochloa brizantha*; *Crotalária* e *Mombaça*.

Na Tabela 6, constam os valores do desdobramento entre os tratamentos, forrageiras e épocas de semeaduras, para a variável macroporosidade na camada de 0,0-0,10 m. De acordo com a referida tabela, para as forrageiras dentro da época de semeadura, a *Mombaça* apresentou maiores valores de macroporosidade na camada de 0,0-10 m inserida na época 2 (E2). Esses resultados possivelmente devem-se ao fato do hábito de crescimento da forrageira *Mombaça*, que segundo Pariz *et al.*, (2009), é bastante vigoroso.

Tabela 6. Valores médios obtidos do desdobramento da macroporosidade do solo para a profundidade de 0,0-0,10 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura

Causa de variação		Épocas (E)	
		E1	E2
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,15 bA	0,16aA
	<i>Mombaça</i>	0,12 bB	0,16 aA
	<i>Crotalaria</i>	0,25 aA	0,15 Ab
DMS	F		0,03
	E		0,04

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade.

Já para a época de semeadura dentro das forrageiras, foi encontrado maiores valores de macroporosidade com efeitos significativos para a época 1 (E1) com a forrageira *Crotalaria*, porém não diferindo significativamente da (E2) com as forrageiras *Mombaça* e *B. brizantha*. Esses resultados permitem afirmar que as forrageiras apresentam sistema radicular agressivo, beneficiado as culturas por meio das melhorias nos atributos físicos do solo (CHIODEROLI 2010).

Esses resultados mostram que a *Crotalaria* semeada simultaneamente ao milho consegue se desenvolver ao ponto de alterar a macroporosidade do solo, não sentido assim, a competição do milho e se desenvolvendo plenamente. Essas alterações observadas no tratamento consorciado (*Crotalaria* /milho), são provavelmente provenientes da ação diferenciada do sistema radicular das plantas pertencentes às famílias botânicas das leguminosas e gramíneas. De acordo com Venzke Filho *et al.*, (2004), quando ocorre o consórcio de culturas com sistemas radiculares diferentes, aumenta-se a massa de raiz por volume de solo, ou seja, a densidade radicular.

Os maiores valores de macroporosidade encontrados na época 1 de semeadura para as diferentes forrageiras, possivelmente podem ser explicados pelo fato da referida época receberem pressões das raízes das forrageiras e do milho concomitantemente, o que somado ao rápido crescimento inicial, favorecerem maiores alterações da macroporosidade do solo.

De acordo com Salton *et al.*, (2014) a liberação de exsudados orgânicos que servem de energia para a atividade microbiana juntamente com as pressões nas partículas do solo durante o desenvolvimento das raízes, interferem diretamente na agregação do mesmo.

Conforme a tabela 7, houve interação significativa das forrageiras e épocas de semeadura para os valores de macroporosidade na camada de 0,10-0,20 m. Para o fator forrageira, a *Crotalária* quando inserida na época 2, proporcionou maiores valores de macroporosidade, porém não diferindo significativamente da *B. brizantha* e *Mombaça*. Já para os resultados da época dentro das forrageiras, a época 1 quando inserida da forrageira *Mombaça*, favoreceu maiores alteração na macroporosidade. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados na camada anterior (0,0-0,10 m), onde as maiores alterações foram observadas na época 1.

Para Camargo Filho (1999) e Wohlenberg *et al.*, (2004), as gramíneas possuem sistema radicular de alta densidade, com boa eficiência nos processos de formação e estabilização de agregados do solo. Stone e Buttery 1989, trabalhando com diferentes forrageiras, na qual plantaram leguminosas e gramíneas verificaram que aos 80 dias após a germinação, as espécies forrageiras diferiram quanto a habilidade de melhorar a estabilidade dos agregados.

Tabela 7. Valores médios obtidos do desdobramento da macroporosidade do solo para a profundidade de 0,10-0,20 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura

Causa de variação		Épocas (E)	
		E1	E2
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,09 bB	0,15 aA
	<i>Mombaça</i>	0,15 aA	0,16 aA
	<i>Crotalária</i>	0,09 bB	0,17 aA
DMS	F	0,02	
	E	0,02	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 7, a de se observar o pequeno volume de macroporos (0,09) para as forrageiras *B. brizantha* e *Crotalária* ambas inseridas na época 1 de semeadura, volumes estes, bem abaixo do limite considerado como restritivo ao desenvolvimento das culturas, que segundo Andrade e Stone (2009) é de 10%. Porém, na época 2, para as mesmas forrageiras foi encontrado valores bem acima do crítico, o que evidencia melhora na macroporosidade do solo, deixando claro a importância dos sistemas radiculares das forrageiras na melhoria de tal parâmetro. Esses resultados mostram que apesar do curto período de avaliação no presente trabalho, os sistemas radiculares das forrageiras tem atuação significativas em profundidades,

o que as permitem maior exploração no perfil do solo, absorvendo mais água e nutrientes, o que pode resultar em melhores produtividades.

Na tabela 8, encontra-se o desdobramento da interação entre as forrageiras e épocas de semeadura para os valores de microporosidade na camada 0,10-0,20 m. De acordo com a referida tabela, a forrageira *Mombaça* inserida na época 1 de semeadura, foram encontrados os maiores valores. Esses resultados podem ser explicados por ter a forrageira *Mombaça* sistema radicular fasciculado o que provavelmente ao se desenvolver, permitiu maiores alterações nos microporos do solo.

Tabela 8. Valores médios obtidos do desdobramento da microporosidade do solo para a profundidade de 0,10-0,20 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura

Causa de variação		Épocas (E)	
		E1	E2
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,14 aA	0,07 bB
	<i>Mombaça</i>	0,17 aA	0,14 aB
	<i>Crotalária</i>	0,15 aA	0,13 aA
DMS	F	0,03	
	E	0,03	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade.

Já para a época de semeadura (tabela 8), foram observados na época 2 menores valores com diferenças significativas, para a forrageira *B. brizantha*. Esses resultados podem ser explicados pelos maiores valores de macroporosidade encontrado na referida época de semeadura (tabela 7), pois a medida que ocorreu o aumento da macroporosidade do solo, a microporosidade apresentou redução. Porém, de acordo com Chioderoli (2013), nem sempre esse comportamento pode ser levado em conta, pois o contrário também pode acontecer, principalmente durante o ano agrícola. Outro fator que pode ter contribuído para tal resultado, é o fato dos microporos por terem maior superfície específica, necessitarem de maior pressão para efetivamente serem alterados.

Na tabela 9 estão apresentados os valores médios de porosidade total e densidade do solo entre os tratamentos, forrageiras e épocas de semeadura nas profundidades de 0,0 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. De acordo com a referida tabela, a porosidade total do solo apresentou comportamento semelhante ao apresentado pela macroporosidade (tabela 5), onde verificou-se diferenças entre as forrageiras, como também, entre as épocas de semeadura, com interações significativas entre eles.

No desdobramento da interação entre forrageiras e épocas de semeadura (Tabela 10) para a porosidade total do solo, verifica-se que houve efeito significativo pelo teste de

Tukey ($p < 0,05$), onde a forrageira *Mombaça* proporcionou maiores valores de porosidade total quando inserida na época 1 de semeadura, assemelhando-se aos resultados da microporosidade. Para o fator época de semeadura dentro das forrageiras, a época 2 foi superior quando inserida da *Crotalária*.

Tabela 9. Valores médios da porosidade total e densidade do solo avaliados na camada de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

Causas de Variação		Profundidades (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
		Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,23	0,23b	0,24
	<i>Mombaça</i>	0,25	0,30a	0,27
	<i>Crotalária</i>	0,32	0,27b	0,25
Épocas (E)	E1	0,26	0,26	0,26
	E2	0,26	0,27	0,25
Teste F	F	28,50**	16,96**	1,94 ^{NS}
	E	8,94**	0,65 ^{NS}	1,65 ^{NS}
	F*E	17,40**	2,52 ^{NS}	0,24 ^{NS}
DMS	F	0,02	0,03	0,05
	E	0,02	0,02	0,03
CV (%)		6,71	10,35	10,92
Causas de Variação		Densidade (kg dm^{-3})		
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	1,68	1,72	1,75
	<i>Mombaça</i>	1,66	1,73	1,74
	<i>Crotalária</i>	1,65	1,69	1,68
Épocas (E)	E1	1,65	1,71	1,73
	E2	1,68	1,71	1,71
Teste F	F	0,38 ^{NS}	0,99 ^{NS}	2,29 ^{NS}
	E	1,41 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,25 ^{NS}
	F*E	0,59 ^{NS}	1,78 ^{NS}	0,32 ^{NS}
DMS	F	0,09	0,09	0,08
	E	0,06	0,06	0,05
CV (%)		4,48	4,29	3,86

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e **significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{NS} (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). E1 – Época 1 de semeadura; E2 – Época 2 de semeadura.

Em geral solos arenosos apresentam porosidade total do solo entre 35 a 50 % com predominância dos macroporos, sendo os resultados encontrados no presente trabalho abaixo dos valores em questão, o que possivelmente pode estar relacionados a altas densidades de solo encontradas no presente trabalho. Já o solo argiloso predomina os microporos, com valores de 40 a 60 % (AMARO FILHO *et al.*, 2008).

Andrade e Stone (2009) relata que o solo ideal para o pleno desenvolvimento das culturas é aquele que apresente porosidade total de 50 % com distribuição percentual de 34% para macroporos e 66% de microporos.

Para os valores de densidade do solo não houve diferenças significativas para as diferentes espécies forrageiras e épocas de semeadura avaliadas nas camadas de 0,0 – 0,10;

0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. Esses resultados podem está demonstrando que as espécies forrageiras e as duas épocas de semeadura utilizadas, em um ciclo de cultivo, não promovem efeitos significativos, não permitindo assim, diferenciar espécies mais efetivas na melhoria de tal parâmetro físico do solo.

Tabela 10. Valores médios obtidos do desdobramento da porosidade total do solo para a profundidade de 0,0-0,10 m, entre as espécies forrageiras dentro das diferentes épocas de semeadura

Causa de variação		Épocas (E)	
		E1	E2
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,23 bB	0,29 bA
	<i>Mombaça</i>	0,29 aA	0,25 cB
	<i>Crotalária</i>	0,30 aB	0,35 aA
DMS	F	0,02	
	E	0,03	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre sim pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bertol *et al.*, (2004), avaliando mudanças nas propriedades físicas do solo por meio do uso de diferentes sistemas de cultivo em somente um ciclo, concluindo que seria necessário a realização de experimentos por um maior período de tempo, para poder assim, verificar a ação das plantas sobre os parâmetros físicos do solo.

Apesar das diferenças encontradas no presente trabalho para os atributos físicos do solo, em virtude do uso de diferentes forrageiras e épocas de semeadura, há a necessidade de avaliar tais parâmetros em experimento de longa duração, afim de comprovar se as mudanças foram efetivamente decorrentes do uso dos tratamentos em questão, como também, observar as mudanças dentro de cada tratamento, ou se as mesmas foram realizadas por processos intrínsecos (pedogenéticos) do próprio solo.

4.3 Avaliação da cultura do milho

Na Tabela 11 estão representados os resultados das características agrônômicas: altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo para a cultura do milho. De acordo com a referida tabela não foi encontrado diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de tukey para as três variáveis dentro dos fatores de estudo (forrageiras e época de semeadura). Esses resultados mostram que não ocorreu interferência das forrageiras e épocas de semeadura no desenvolvimento do milho, corroborando com Mendonça (2012), no qual trabalhando com consórcio de forrageiras com o milho, também não encontrou diferenças

significativas, explicando que a não diferença, ocorreu pelo fato da emergência e do desenvolvimento inicial do milho serem mais rápidos que as forrageiras, o que contribui na inibição da competição entre forrageiras e milho.

No entanto, Chioderoli (2010) trabalhando em sistema de consórcio de milho com diferentes forrageiras e em modalidade de semeadura diferente, verificou diferenças significativas para os valores de altura de plantas de milho.

Tabela 11: Valores médios obtidos para altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro de colmo nos sistemas de consorciação de forrageiras com milho em duas épocas de semeadura

Causas de Variação		Altura de Planta (m)	Altura de Inserção 1 ^a Espiga (m)	Diâmetro de Colmo (mm)
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	1,77	0,84	19,34
	<i>Mombaça</i>	1,82	0,88	20,05
	<i>Crotalária</i>	1,83	0,90	20,47
Épocas (E)	E1	1,79	0,88	19,32 b
	E2	1,82	0,86	20,59 a
Teste F	F	0,27 ^{NS}	1,59 ^{NS}	0,57 ^{NS}
	E	0,24 ^{NS}	0,29 ^{NS}	2,15 ^{NS}
	F*E	0,25 ^{NS}	1,44 ^{NS}	0,94 ^{NS}
DMS	F	0,22	0,08	2,68
	E	0,15	0,05	1,81
CV (%)		9,84	7,92	7,26

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade, E1 – Época 1 de semeadura; E2 – Época 2. F- Forrageiras; E- Épocas de semeadura.

De acordo com Gomes (2000), coeficiente de variação inferior a 10% é considerado baixo, resultados que vão de encontro aos encontrados nesse trabalho para os componentes morfológicos (altura de planta e inserção da primeira espiga), o que possivelmente é explicado devido as variáveis estarem fortemente relacionadas com as características genéticas, não havendo assim, diferenças significativas.

Apesar da não diferença significativa, encontrados para as características agrônômicas na tabela acima, a de se destacar os valores da altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga, com maiores médias de 1,83 e 0,90 m respectivamente. Já Carvalho *et al.*, (2012), trabalhando com o mesmo híbrido de milho usado no presente trabalho no Nordeste brasileiro, encontrou valores médios de 2,05 m e 1,09 m respectivamente. Segundo Freddi (2007), geralmente as maiores produtividades de plantas estão relacionadas, com plantas mais altas e com maiores alturas de espigas, pois o contrário diminui a capacidade fotossintética afetando diretamente a produção de grãos.

Na tabela 12 estão apresentados os resultados da comparação dos tratamentos em consórcio, com o milho solteiro (testemunha), para as características agrônômicas (altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo), sendo que não houve diferenças significativas, o que mostra a inexistência da influência das diferentes forrageiras, como das épocas de semeadura, nos resultados dessas variáveis para o milho solteiro. Esses resultados corroboram com os encontrados por Tsumanuma (2004), no qual trabalhando com consórcio de forrageiras com o milho, não encontrou diferenças significativas para a altura de planta e diâmetro de colmo quando da época de semeadura (junto ao milho e na adubação de cobertura).

Tabela 12: Valores médios obtidos para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de variação		Altura de Planta (m)	Altura de Inserção 1ª Espiga (m)	Diâmetro de Colmo (mm)
Forrageiras	Épocas			
<i>U. Brizantha</i>	E1	1,71	0,81	19,56
<i>U. Brizantha</i>	E2	1,82	0,86	19,26
<i>Crotalaria</i>	E1	1,82	0,91	18,83
<i>Crotalaria</i>	E2	1,82	0,85	21,26
<i>Mombaça</i>	E1	1,83	0,91	19,68
<i>Mombaça</i>	E2	1,83	0,88	21,26
T	M	1,70	0,83	18,83
FxT		1,34 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,947 ^{NS}
DMS		0,34	0,13	4,20
CV%		9,84	7,92	10,77

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 13 estão apresentados os valores médios de número de espigas ha⁻¹, número de fileiras por espigas e número grãos por fileiras, avaliados para os fatores forrageiras (F) e épocas de semeadura (E). Os dados obtidos não apresentaram diferenças significativas para análise dos fatores e tampouco na interação entre eles. De acordo com Freitas *et al.*, (2013), essas variáveis têm grande controle genético, sendo pouco influenciadas por fatores externos.

Tabela 13: Valores médios de número de espigas de milho, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de Variação		Número de Espigas ha ⁻¹	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/Fileira
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	50.625	13,55	22,89
	<i>Mombaça</i>	53.750	13,04	23,93
	<i>Crotalaria</i>	51.250	13,49	26,14
Épocas (E)	E1	52.083	13.41	23,61
	E2	51.666	13.31	25,03
Teste F	F	0,26 ^{NS}	0,79 ^{NS}	0,56 ^{NS}
	E	0,01 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,31 ^{NS}
	F*E	0,14 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,05 ^{NS}
DMS	F	11,446	1,10	7,83
	E	7.709	0,74	5,27
CV (%)		17,41	6,58	25,68

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados meteorológicos apresentados na figura 1 demonstram que o milho não foi prejudicado pela competição das forrageiras pelo fator água, o que evidencia a não diferença significativa para o número de espigas de milho, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras a genética da planta, como já descrito anteriormente.

Os resultados da comparação do milho solteiro com o milho consorciado para as características avaliadas (número de espigas ha⁻¹, número de fileiras por espigas e número grãos por fileiras) estão apresentados na tabela 14. De acordo com os resultados, os valores não foram significativos pelo teste de tukey (p<0,05), não havendo diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos estudados, o que mostra que a consorciação do milho com as forrageiras independente da época de semeadura, não influenciam essas variáveis.

Tabela 14: Valores médios de número de espigas de milho, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras nos sistemas de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de variação		Número de Espigas ha ⁻¹	Número de Fileiras/Espiga	Número de Grãos/Fileira
Forrageiras	Épocas			
<i>U. Brizantha</i>	E1	50.000	13,65	24,32
<i>U. Brizantha</i>	E2	51.250	13,45	21,46
<i>Crotalaria</i>	E1	54.375	13,41	22,48
<i>Crotalaria</i>	E2	53.125	12,68	25,38
<i>Mombaça</i>	E1	51.875	13,18	24,02
<i>Mombaça</i>	E2	50.625	13,80	28,25
T	E1	53.750	13,13	23,56
FxT		0,14 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,05 ^{NS}
DMS		17.903	1,72	12,26
CV%		17,41	6,58	25,68

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 15 estão representados os resultados das forrageiras de forma separada, assim como da época de semeadura, para as características agronômicas, população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de grãos. De acordo com a referida tabela, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas para a população de plantas dentro do fator época de semeadura (E1), onde se observou maiores valores. Os menores valores da população de plantas encontrados na época 2, pode estar relacionado ao período chuvoso durante a referida época, o que aliado ao declive da área pode ter contribuído nos arraste de plantas inferindo em menores quantidades de plantas. Diversos autores relatam aumento na produtividade de grãos, com o aumento da população de plantas, o que não foi observado no presente trabalho, onde a época 1, mesmo apresentando maiores quantidade de plantas, não favoreceu aumento na produção de grãos.

Tabela 15: Valores médios de população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de milho no sistema de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de Variação		População final (Plantas ha ⁻¹)	Massa de 1000 Grãos (kg)	Produção de Grãos (kg ha ⁻¹)
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	53.750	0,396	6.381
	<i>Mombaça</i>	59.062	0,399	6.817
	<i>Crotalária</i>	52.500	0,401	7.228
Épocas (E)	E1	58.750 a	0,400	6.665
	E2	51.458 b	0,397	6.952
Teste F	F	1,82 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,36 ^{NS}
	E	5,98*	0,11 ^{NS}	0,12 ^{NS}
	F*E	1,96 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,36 ^{NS}
DMS	F	9201.49	0,02	2.539
	E	6197.61	0,02	1.706
CV (%)		13,06	5,37	29.14

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

A não diferença significativa para a massa de 1000 grãos e produtividade de grãos, corroboram com Pereira *et al.*, (2014) avaliando o desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros *panicum* e *Brachiaria*, não encontrou diferenças significativas para as diferentes espécies forrageiras e modalidade de semeadura.

De acordo Gimenes *et al.*, (2008) a massa de grãos é influenciada diretamente pela translocação de fotoassimilados, sendo que a quantidade é diretamente proporcional ao tempo de duração do período de enchimento de grãos. Dessa forma, quanto melhor as condições edafoclimáticas da região em que a cultura é submetida maior a probabilidade de maior massa de grãos.

De acordo com Pariz *et al.*, (2009), pode ocorrer efeitos sinérgico entre o número de espigas hectare com a massa de grãos que pode interferir na produtividade de grãos. Dessa forma, a ausência de efeito significativo para a produtividades de grãos encontrado no presente trabalho, pode ser explicada em parte a não diferença também encontrada para número de espigas ha⁻¹ nas tabelas (13 e 14).

Na Tabela 16 encontram-se os resultados dos tratamentos em consórcio comparados com a testemunha para a população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de grãos. Na referida tabela, pode ser observado que não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando comparados com o milho exclusivo, mostrando que o consórcio não influenciou nas variáveis de produção.

Tabela 16: Valores médios de população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de milho no sistema de consorciação de forrageiras-milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de variação		População final (Plantas ha ⁻¹)	Massa de 1000 Grãos (kg)	Produção de Grãos (kg ha ⁻¹)
Forrageiras	Épocas			
<i>U. Brizantha</i>	E1	58.125	0,399	6.475
<i>U. Brizantha</i>	E2	49.375	0,393	6.286
<i>Crotalaria</i>	E1	63.125	0,400	6.925
<i>Crotalaria</i>	E2	55.000	0,397	6.709
<i>Mombaça</i>	E1	55.000	0,401	6.595
<i>Mombaça</i>	E2	50.000	0,402	7.862
T	M	60.625	0,410	6.942
FxT		1,96 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0.015 ^{NS}
DMS		14.392	0,043	3.982
CV%		13,06	5,37	29.14

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

Em relação a produtividade do milho (produção de grãos) resultados semelhantes foram encontrados por Kluthcouski *et al.*, (2000), trabalhando com consórcio milho - forrageiras, verificaram que a produtividade do milho não sofreu interferência do consórcio em relação ao milho solteiro. Esses resultados vão de encontro aos observados por muitos autores no meio literário (Portes *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2004; Pequeno *et al.*, 2006; Seidell *et al.*, 2014 Mello *et al.*, 2014; Borghi e Crusciol 2007).

Em contrapartida, Barducci *et al.*, (2009) comparando sistema de consórcio de milho – forrageiras com milho solteiro, constataram que a produtividade de grãos de milho foi influenciada pelo sistema de consórcio, onde a modalidade de consórcio, *Mombaça* – milho, proporcionou as maiores variações, encontrando as maiores produtividades de grãos quando a semeadura foi realizada na adubação de cobertura, e a menor, em semeadura simultânea com o milho. Ferreira *et al.*, (2014), avaliando o desempenho e uso eficiente da terra em

modalidades de consorciação com milho e forrageiras, conclui que a produtividade de grãos do milho é maior em monocultivo quando comparado a sistemas consorciado.

O fato do consócio milho/forrageiras no presente trabalho não terem diferido significativamente em relação ao milho solteiro (testemunha) deve-se provavelmente pela avaliação de apenas uma safra. Pois de acordo com Pereira *et al.*, (2011), cultivos consorciados com o decorrer do tempo favorecem acúmulo de matéria orgânica e nutriente no solo por meio de processos de mineralização e decomposição, o que permitem que esses sistemas com o passar do tempo apresentem resultados significativos.

Na Tabela 17, verifica-se que não houve efeito significativo para os valores de matéria seca do milho, matéria seca das forrageiras e matéria seca total de palha entre as diferentes forrageiras e épocas de semeadura.

Tabela 17. Valores médios de massa seca de palha do milho, massa seca de palha das forrageiras e massa seca total de palha no sistema de consorciação de forrageiras - milho em diferentes épocas de semeadura

Causas de Variação		Parâmetros Avaliados		
		Massa Seca de Palha do Milho (kg ha ⁻¹)	Massa Seca das Forrageiras (kg ha ⁻¹)	Massa Seca Total de Palha (kg ha ⁻¹)
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	10.402	3.225	10.724
	<i>Mombaça</i>	10.522	2.719	10.794
	<i>Crotalária</i>	11.700	2.437	11.944
Épocas (E)	E1	11.101	2.600	11.361
	E2	10.648	2.987	10.947
Teste F	F	1,69 ^{NS}	22,28 ^{NS}	1,60 ^{NS}
	E	0,50 ^{NS}	3,13 ^{NS}	0,44 ^{NS}
	F*E	5,03 ^{NS}	5,78 ^{NS}	5,28 ^{NS}
DMS	F	2.024	1.142	1.985
	E	1.355	76,53	1.529
CV (%)		14,35	55,77	13,72

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

De acordo com Barducci *et al.*, (2009), quando a forrageira é semeada tardiamente em relação a cultura principal, as mesmas terão maior dificuldade de superar a competição por água, luz e nutrientes, além de sofrer a interferência do sombreamento da cultura já estabelecida. Pois para Silva (2004) o milho possui maior capacidade competitiva em relação as forrageiras, permitindo assim maior desenvolvimento inicial, e conseqüentemente, melhor aproveitamento dos recursos. Dessa forma, a não diferença significativa para os valores de matéria seca, provavelmente deve-se ao fato da competição entre forrageira e milho por água, luz e nutrientes, não permitindo o amplo desenvolvimento de uma ou outra a ponto de não diferir no final do ciclo.

Conforme a Tabela 18 encontra-se na mesma, os valores médios da matéria seca do milho-forrageiras em comparação ao milho exclusivo.

Tabela 18: Valores médios da matéria seca de palha de milho consorciado com três espécies forrageiras em comparação com a testemunha sob diferentes épocas de semeadura

Causas de variação		Massa Seca de Palha do Milho
Forrageiras	Épocas	
<i>U. Brizantha</i>	E1	11.984 a
<i>U. Brizantha</i>	E2	8.820 b
<i>Crotalaria</i>	E1	10.466 b
<i>Crotalaria</i>	E2	10.577 b
<i>Mombaça</i>	E1	12.546 a
<i>Mombaça</i>	E2	10.854 b
T	M	8.625 b
FxT		7,66*
DMS		3.011
CV%		14,26

Médias seguidas de mesma letra e sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados demonstram que somente o consórcio do milho com as forrageiras *U. Brizantha* e *Mombaça* ambos na época 1 de semeadura foram significativamente superiores ao milho exclusivo, as demais foram significativamente igual a testemunha (milho exclusivo), o que mostra que ao pensar em formação de palhada considerando todos os aspectos edafoclimáticos do presente trabalho, essas duas forrageiras (*U. Brizantha* e *Mombaça*) em consórcio com o milho podem ser recomendadas.

5. CONCLUSÕES

A consorciação de milho com forrageiras proporcionou modificação nas propriedades físicas do solo, com aumento para macroporosidade e porosidade total e diminuição significativa da densidade nas camadas 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m.

A época 2 favoreceu maiores alterações nas propriedades físicas do solo.

Quando da comparação entre o milho consorciado com o milho solteiro, foi verificado que independente da configuração do consórcio e época de semeadura, não ocorrem modificações nas características fitotécnicas do milho, nem tampouco diminuição na produtividade.

Para a produção de matéria seca da palha de milho em consórcio comparado com o milho solteiro, é recomendado a utilização da *Brachiaria Brizantha* e *Mombaça* na época 1 (E1).

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Hellen Cristina Rodrigues; AMARAL, Renata Firmino. **Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste**. Informe Rural ETENE, ano V, nº 16, set. 2011 .Disponível em: <<http://www.bnb.gov.br>> . Acessado em: 22 set. 2015.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do Solo: Conceitos e Aplicações**. 1.ed. Fortaleza: UFC, 2008. 290p.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, V.13, n.4, p.382-388, 2009.

ARAUJO, A.O. **Avaliação das propriedades físicas dos solos e da macrofauna edáfica em áreas submetidas a manejo florestal de vegetação nativa na Chapada do Araripe**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará, 2010.

ARCOVERDE, S. N. S. **Qualidade de solos sob diferentes usos agrícolas na região do entorno do lago de Sobradinho**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro da Bahia, 2013.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; PRADO WILDNER, L. do. Comportamento de atributos relacionados com a forma de estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. **Cultivo consorciado de milho com colômbio** (*Panicum maximum* cv. Aruana). *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: John Wiley, 1972. 529 p.

BARBER, R.G.; ORELLNAN, M.; NAVARRO, F.; DIAZ, O.; SORUCO, M.A. Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolívia. **Soil and Tillage Research**, Madison, v.38, p. 133-152, 1996.

BASI, S. **Associação de azospirillum brasilense e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Estadual do Centro-oeste, Unicentro-Paraná, 2013.

BASSO, F. C.; ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; LODO, B. P.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial entre a produtividade e o teor de proteína bruta do guandu anão e os atributos de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, 2011.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. ZOLDAN JR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e

sucessão de culturas, comparadas as do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. SILVA, A.S. Intervalo hídrico ótimo e a produção da soja e arroz em dois Latossolos. **Revista Irriga**, 9:181-192, 2004.

BORGHI, É.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Urochloa brizantha* no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, fev. 2007.

BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema de plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.

BRAIDA, J. A. REICHERT, J. M. REINERT, D. Veiga, J. M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.131-139, 2010.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.975-983, 2008.

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

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

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1997. 132p.

CAMARGO FILHO, S.T. **Recuperação de áreas degradadas no município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas**. 1999. 105f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, 1999.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, v.65, p.221-230, 2002.

CARVALHO, H. W. L.; PACHECO, C. A. P.; CARDOSO, M. J.; ROCHA, L. M. P.; OLIVEIRA, I. R.; BARROS, I.; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A.; OLIVEIRA, E. A.; MACEDO, J. J. G.; NASCIMENTO, M. M. A.; SIMPLÍCIO, J. B.; COUTINHO, G. V.; BRITO, A. R. M. B.; TAVARES, J. A.; TAVARES FILHO, J. J.; RODRIGUES, C. S.; CASTRO, C. R.; MENESES, M. C.; OLIVEIRA, T. R. A.; GOMES, M. C. M.; MENEZES, V. M. M.; SANTANA, A. F. **Desempenho de cultivares de milho no nordeste brasileiro: Safra 2010/2011**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 33p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 122).

CAVENAGE, A. MORAES, M. L. T. ALVES, M. C CARVALHO, M. A. C., FREITAS, M. L. M., BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.997-1003, 1999.

CHIODEROLI, C.A. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura-pecuária** 2010. 82f Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, SP, 2010.

CHIODEROLI, C.A. Luiz M.M. M; Paola J. Grigolli, Carlos E. A. Furlani¹, José O. R. Silva, André L. Cesarin Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37–43, 2012.

CHIODEROLI, C.A **Consortiação de urochloas com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Rendimento de milho por estado: safras**. Séries históricas Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso: 10 outubro, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2014/2015**. Décimo levantamento, <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em 21, julho 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 23 julho 2015.

COSTA, C. D. O. **Perdas de solo e deposição de sedimentos em duas sub-bacias hidrográficas no entorno da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP**. 2013. 151f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, SP, 2013.

COSTA, C. D. O.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. P.; Movimento de água e porosidade dos solos de uma sub-bacia hidrográfica no noroeste do estado de São Paulo. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 304-318, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n. 100, 2007.

CRUZ, J. C. et al. **Cultivo do milho** 2012. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acessado em 29 out, 2015.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica a penetração do solo sob sistema de plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011.

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.

DRESCHER, M S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E. & FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1713-1722, 2011.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and drainage paper, 24).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of América**, 1994. p. 3-22.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOS, M. J. **Sistema de produção de milho e sorgo**. Sete Lagoas, 2006. Disponível em: <<https://www.cnpms.com.br>>. Acesso em: 16 julho 2015.

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 CENTRO NACIONAL DE PESQUISAS DE SOLOS. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. A. dos. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, jul. 2007.

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

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

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

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: ed. Física do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1. ed. Viçosa, MG. 2010. cap. 1, p. 1-28.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

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

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

FLOWERS, M.D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.48, p.21-35, 1998.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p 325-334, 2003.

GIMENES, M. J.; FILHO, R. V.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F.A.D.; R. S. CHRISTOVAM. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p.61-76. 2008.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, p.477, 2000.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.213-218, 2002.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Till. Res.**, 82:121-145, 2005.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 413p.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil & Tillage Research**. v.35, p.23-36.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FEITAS, F. C. L. **Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária** (*Brachiaria decumbens*). Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

JESUS, C. P. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto**. Dissertação - (Ciência do solo) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

KAPPES, C.; ANDRADE, A. C. J.; ARF, O.; OLIVEIRA, A C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia, **relações solos- planta**. São Paulo, Editora Ceres, 1979.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista Ciência Agronômica** v 5, p 26-32, 2006.

KLEIN, V.A, LIMBARDI, P.L. Condutividade hidráulica de um latossolo roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p. 945-953, 2002.

KLUTHCOUSKI, J. et al. *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. (Circular técnica, 38).

KULLI, B., GYSI, M.; FLÜHLER, H. Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. **Soil & Tillage Research**. V.70, p.29-40, 2003.

LAUER, J. **Should I be planting corn at a 30-inch row spacing** Wisconsin Crop Manager, Madison, v.1, n. 6, p.6-8, 1994.

LIMA, C.G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R.C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de pereira barreto (sp). **Revista Brasileira Ciência Solo**, 31:1233-1244, 2007.

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.

MAGALHÃES, W. A., CREMON, C., MAPELI, N.C, SILVA, W. M., CARVALHO, J. M., MOTA, M. S. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Revista Agrarian**, v.2, n.6, p.21-32, 2009.

MAGALHÃES, I. D.; SOARES, C.S.; COSTA, F. E.; ALMEIDA, A. E. S.; OLIVEIRA, A.B.; VALE, L. S. Viabilidade do consórcio mamona-gergelim para a agricultura familiar no semiárido paraibano: Influência de diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 8 n.1, p. 57- 65, 2013.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** 2010
<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acessado em 27 de junho de 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.

MARQUES, J.D.O. **Horizonte pedogenéticos e sua relação em camadas hidráulicas do solo**. 2000. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba. São Paulo, SP, 2000.

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: Simpósio sobre

produção e utilização de forragens conservadas, 4, Maringá. 2011. **Anais...** Maringá: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 4, ES p.173-219, 2011.

MENDONÇA, V. Z. **Consortiação de milho com forrageiras: produção de silagem e palha para plantio direto de soja**. 2012. 71f. Dissertação (Mestre em Agronomia Especialidade: Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, SP, 2012.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L.M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA R. C.; Walter FILHO, V. V; YANO, É. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 37:251-259, 2012.

MELLO, L. M. M.; LOPES, H. S.; SOUZA, F. H.; YANO, É H. **Integração lavoura-pecuária: produtividade de milho consorciado com forrageiras em diferentes modalidades de semeadura**. Resumos. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campo Grande –MS, 2014.

MELO, J. S. **Qualidade física do solo em função do tipo de preparo e cargas verticais aplicadas no depósito de fertilizantes da semeadora**. Monografia (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará - Fortaleza, 2014.

MODELO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M. TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M.; Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

MOTA, S.; CREMON, C.; MAPELI, C. N.; SILVA, M. W.; MAGALHÃES, A. W.; CREMON, T. Qualidade e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de manejo. **Revista Agrarian Dourados**, v.4, n.12, p.105-112, 2011.

MONTEZANO, M. E.; PEIL, N. M. R.; SISTEMAS DE CONSÓRCIO NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 129 -132, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MICHELON, C. J. **Pedofunções para retenção de água de solos do Rio Grande do sul irrigados por aspersão**. 2010. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURI, 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.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *panicum* e *brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária1. **Pesquisa AgropecuariaTropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobresemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, 2009.

PEIXOTO, Claudio de Miranda. **A evolução da produtividade do milho no Brasil 2011**. Disponível em: <http://agrolink.com.br/noticias/a-evolucao-da-productividade-do-milho-nobrasil_130498.html>. Acesso em: 25 jun, 2015.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, abr. 2000.

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. É.; Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros panicum e rachearia em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Agrarian**. Dourados, v.7, n.23, p.157-165, 2014.

PEREIRA, L. C.; FONTANETI, A.; BATISTA, N. J.; GALVÃO, J. C. C.; GOULART, P. L. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, V.6, p. 191-200, 2011.

PEQUENO, D.N.; MARTINS, E.P.; AFFERRI, S.; FIDELIS, R.R.; SIQUEIRA, F.L.T.; Efeito da época de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre caracteres agrônômicos da cultura anual e da forrageira em Gurupi, Estado do Tocantins, **Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 3, 2006.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba, SAEAFS, 1996, 446 p.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicados of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p.131-146, 2002.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v 27, p 29-48, 2003.

REINERT, D. J., ALBUQUERQUE, J. A., REICHERT, J. M., AITA, CANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v32, p1805-1816, 2008.

ROBERTO, V.M.O.; SILVA, C.D.; LOBATO, P.N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In.: Congresso Nacional de Milho e Sorgo,18, 2010. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

RODRIGUES, C.F.; BEZERRA, A.R.; PITOMBEIRA, B.J.; CARVALHO, M.C.; SILVA, L. L.; FEITOSA, S.O. Sistema de consórcio do girassol, feijão-de-corda e amendoim em séries de substituição. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.8, nº. 3, p.256 - 269, 2014.

ROSSETTI, K.V. **Sistemas de manejo e qualidade física em latossolo vermelho**. 2010. 77f. Dissertação (Mestre em Agronomia - Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Câmpus de Jaboticabal, - São Paulo, SP, 2010.

SÁ, M. A. C.; JUNIOR, J. D. G. S. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 26p.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2012.

SALTON, J. U.; MICHELI T. **Sistemas radiculares de plantas e qualidade do solo**. Comunicado técnico. ISSN, 1679-0472, Dezembro de 2014.

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.

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

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.313-319, 1997.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um Podzólico Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 239-249, 2000.

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; CARDOSO, E. T.; FORSTHOFER, E; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In: In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]... Sete Lagoas: ABMS/EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo,2002. CD ROM.

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. (Org.). **Manejo integrado: integração agricultura pecuária**. Viçosa: UFV, 2004. p. 117-169.

SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2. 2004, Viçosa-MG. **Anais**. Viçosa: II SIMFOR, 2004. p.345-385.

SILVA, Á. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:1-10, 2008.

SILVA, R. F.; OLIVEIRA, E. C.; JUSTINO, F. B.; GROSSI, M. C. **Influência das mudanças climáticas na cultura do milho na área da Amazônia Legal**. XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia. Set. Pará, 2010.

SILVA, F. M. F. **Matéria orgânica na cafeicultura**. 2010. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Cafeicultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, 2010.

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, V. H. **Atributos físicos de um argissolo espessarênico com cultivo de citros manejados em sistemas orgânico e convencional**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

STONE, J. A.; BUTTERY, B. R. Nine forages and the aggregation of a clay loam soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 69, p. 165-169, 1989.

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.

STRECK, C. A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R., Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.755-760, 2004.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G.G; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SUGUINO, E. MARTINS, A. N.; MINAMI, K. NARITA, N. PERDONÁ, M. J. Efeito da porosidade do substrato casca de pínus no desenvolvimento de mudas de rumixameira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 643-648, out. 2011. Volume especial.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.3, p.333-339, 1996.

TORMENA, C. A., FILHO, P. S. V., GONÇALVES, A. C. A., ARAÚJO, M. A., PINTRO, J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.65-71, 2004.

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

VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; FANTE JÚNIOR, L.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C. Root systems and soil microbial biomass under no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v.61, p.529-537, 2004.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:743-755, 2009.

WILLEY, R.W. **Intercropping: its importance and research needs**. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts*, Hurley, v.32, n.1, p.1-10, 1979.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.891-900, 2004.

APENDICE A – RESULTADOS DE ANÁLISE DE VARIANCA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO

Tabela 19. Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.01471	0.00735	6.0129	0001
Épocas (E)	1	0.00151	0.00151	4.4139	0.0773
F x E	2	0.02245	0.01123	6.0129	0001
Fatorial x T	1	0.00051	0.00051	4.4139	0.2903
Blocos	3	0.00044	0.00015	0.0707	0.797
Resíduo	18	0.00777	0.00043		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 20. Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.00494	0.00247	6.0129	0.0001
Épocas (E)	1	0.01721	0.01721	8.2854	.0001
F x E	2	0.00359	0.00180	6.0129	0.0011
Fatorial x T	1	0.01559	0.01559	8.2854	.0001
Blocos	3	0.00037	0.00012	0.0707	0.5745
Resíduos	18	0.00324	0.00018		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 21. Resultados de ANOVA para o parâmetro de macroporosidade, avaliado na camada de 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.00191	0.00096	0.0254	0.6421
Épocas (E)	1	0.00228	0.00228	4.4139	0.3116
F x E	2	0.00578	0.00289	3.5546	0.2786
Fatorial x T	1	0.00000	0.00000	0.001	0.9916
Blocos	3	0.01246	0.00415	3.1599	0.1544
Resíduos	18	0.03791	0.00211		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 22. Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada de 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	0.00941	0.00470	3.5546	0.116
ÉPOCAS (E)	1	0.00041	0.00041	0.001	0.6516
F x E	2	0.00741	0.00370	3.5546	0.176
FATORIAL x T	1	0.00000	0.00000	0.001	0.9928
BLOCOS	3	0.01007	0.00336	3.1599	0.1955
RESÍDUOS	18	0.03480	0.00193		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 23. Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada de 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	0.00845	0.00423	6.0129	0.0007
ÉPOCAS (E)	1	0.00958	0.00958	8.2854	0.001
F x E	2	0.00257	0.00128	3.5546	0.047
FATORIAL x T	1	0.00363	0.00363	8.2854	0.0039
BLOCOS	3	0.00024	0.00008	0.0707	0.8786
RESÍDUOS	18	0.00638	0.00035		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 24. Resultados de ANOVA para o parâmetro de microporosidade, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	0.00105	0.00053	0.0254	0.564
ÉPOCAS (E)	1	0.00843	0.00843	8.2854	0.0064
F x E	2	0.00544	0.00272	3.5546	0.0718
FATORIAL x T	1	0.00032	0.00032	0.001	0.5549
BLOCOS	3	0.00445	0.00148	3.1599	0.2095
RESÍDUOS	18	0.01601	0.00089		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 25. Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.02028	0.01014	6.0129	0001
Épocas (E)	1	0.00318	0.00318	8.2854	0.0078
F x E	2	0.01238	0.00619	6.0129	0001
Fatorial x T	1	0.00311	0.00311	8.2854	0.0084
Blocos	3	0.00042	0.00014	0.0707	0.7592
Resíduos	18	0.00640	0.00036		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 26. Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.02505	0.01252	16.9675	0001
Épocas (E)	1	0.00048	0.00048	0.653476	0.4293
F x E	2	0.00373	0.00186	2.5258	0.1079
Fatorial x T	1	0.00362	0.00362	4.9031	0.0399
Blocos	3	0.00058	0.00019	0.2604	0.853
Resíduos	18	0.01329	0.00074		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 27. Resultados de ANOVA para o parâmetro de porosidade total, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forrageiras (F)	2	0.00646	0.00323	3.5546	0.1712
Épocas (E)	1	0.00275	0.00275	4.4139	0.2139
F x E	2	0.00078	0.00039	0.0254	0.7916
Fatorial x T	1	0.00008	0.00008	0.001	0.8236
Blocos	3	0.00610	0.00203	3.1599	0.3289
Resíduos	18	0.02982	0.00166		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 28. Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,0-0,10 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	0.00428	0.00214	0.0254	0.6892
Épocas (E)	1	0.00794	0.00794	4.4139	0.2502
F x E	2	0.00673	0.00337	0.0254	0.5606
Fatorial x T	1	0.00198	0.00198	0.001	0.5609
Blocos	3	0.01844	0.00615	3.1599	0.3781
Resíduos	18	0.10136	0.00563		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 29. Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,10-0,20 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	0.01094	0.00547	0.9936	0.3897
Épocas (E)	1	0.00001	0.00001	0.001554	0.9688
F x E	2	0.01962	0.00981	1.7815	0.1968
Fatorial x T	1	0.04538	0.04538	8.2415	0.0101
Blocos	3	0.00610	0.00203	0.3692	0.0799
Resíduos	18	0.09911	0.00551		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 30. Resultados de ANOVA para o parâmetro de densidade do solo, avaliado na camada 0,20-0,30 m em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	0.02054	0.01027	3.5546	0.13
Épocas (E)	1	0.00116	0.00116	0.001	0.6167
F x E	2	0.00286	0.00143	0.0254	0.7309
Fatorial x T	1	0.02022	0.02022	4.4139	0.0478
Blocos	3	0.04306	0.01435	3.1599	0.1872
Resíduos	18	0.08070	0.00448		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

APENDICE B – RESULTADOS DE ANÁLISE (ANOVA) PARA OS PARAMETROS FITOTÉCNICOS E DE PRODUÇÃO NA CULTURA MILHO.

Tabela 31. Resultados de ANOVA para o parâmetro altura de plantas, avaliadas em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	0.01735	0.00868	0.0254	0.4902
Épocas (E)	1	0.00763	0.00763	0.001	0.4295
F x E	2	0.01589	0.00795	0.0254	0.5194
Fatorial x T	1	0.04205	0.04205	4.4139	0.0739
Blocos	3	0.44479	0.14826	5.0919	0001
Resíduos	18	0.21046	0.01169		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 32. Resultados de ANOVA para o parâmetro altura de inserção da 1^o espiga, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	0.01518	0.00759	3.5546	0.2297
Épocas (E)	1	0.00142	0.00142	0.001	0.5912
F x E	2	0.01376	0.00688	3.5546	0.2611
Fatorial x T	1	0.00649	0.00649	4.4139	0.2575
Blocos	3	0.07665	0.02555	5.0919	0.008
Resíduos	18	0.08550	0.00475		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 33. Resultados de ANOVA para o parâmetro diâmetro do colmo, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	4.60243	2.30122	3.5546	0.3504
Épocas (E)	1	9.16948	9.16948	4.4139	0.0495
F x E	2	7.73923	3.86961	1.8702	0.1828
Fatorial x T	1	4.46729	3.86961	2.1591	0.1588
Blocos	3	58.10479	4.46729	2.0926	0.0005
Resíduos	18	37.24360	19.36826	9.3608	

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 34. Resultados de ANOVA para o parâmetro população final de plantas, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	194270833.3333	97135416.6667	3.4668	0.1861
ÉPOCAS (E)	1	319010416.6667	319010416.667	4.3248	0.0233
F x E	2	16145833.33334	8072916.66667	0.0254	0.8603
FATORIAL x T	1	104501488.0952	104501488.095	4.3248	0.1758
BLOCOS	3	633928571.4286	105654761.905	2.5727	0.1139
RESÍDUOS	18	1118750000.000	53273809.5238		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 35. Resultados de ANOVA para o parâmetro massa de 1000 grãos, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	113.88303	56.94152	0.0254	0.8852
ÉPOCAS (E)	1	55.32807	55.32807	0.001	0.7337
F x E	2	40.34863	20.17432	0.0254	0.9575
FATORIAL x T	1	462.17751	462.17751	0.001	0.3313
BLOCOS	3	5846.55695	1948.85232	3.1599	0.0203
RESÍDUOS	18	8349.56612	463.86478		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 36. Resultados de ANOVA para o parâmetro produção de grãos, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
FORAGEIRAS (F)	2	2875584.4233	1437792.21165	0.0254	0.7005
ÉPOCAS (E)	1	494760.88621	494760.88621	0.001	0.7277
F x E	2	2881500.55507	1440750.27754	0.0254	0.7
FATORIAL x T	1	61397.59317	61397.59317	0.001	0.9021
BLOCOS	3	50276947.05643	16758982.3521	3.1599	0.0198
RESÍDUOS	18	71275503.73789	3959750.20766		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 37. Resultados de ANOVA para o parâmetro número espigas/ha⁻¹, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	43750000.00000	21875000.0000	0.0254	0.7695
Épocas (E)	1	1041666.66666	1041666.66666	0.001	0.9114
F x E	2	8333333.33334	4166666.6666	0.0254	0.9509
Fatorial x T	1	12053571.42857	12053571.4286	0.001	0.7059
Blocos	3	65178571.42857	10863095.2381	0.1936	0.9907
Resíduos	18	1731250000.000	82440476.1905		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 38. Resultados de ANOVA para o parâmetro número fileiras/espigas, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	1.22771	0.61386	3.5546	0.3204
Épocas (E)	1	0.06293	0.06293	0.001	0.7283
F x E	2	1.87891	0.93945	3.5546	0.1849
Fatorial x T	1	0.18685	0.18685	0.001	0.5508
Blocos	3	7.03690	2.34563	4.6364	0.0142
Resíduos	18	9.10648	0.50592		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 39. Resultados de ANOVA para o parâmetro número grãos/fileiras, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	43.98771	21.99386	0.0254	0.5747
Épocas (E)	1	12.05595	12.05595	0.001	0.5823
F x E	2	56.78437	28.39219	0.0254	0.4918
Fatorial x T	1	1.96210	1.96210	0.001	0.8238
Blocos	3	114.79014	19.13169	0.1936	0.805
Resíduos	18	811.96308	38.66491		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM -quadrados médios; F_C – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 40. Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca do milho, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	8235745.48336	4117872.74168	3.6823	0.2176
Épocas (E)	1	1234215.22734	1234215.22734	0.001	0.4873
F x E	2	24542879.64732	12271439.8237	3.6823	0.3211
Fatorial x T	1	34012840.35801	6802568.07160	2.9013	0.0561
Blocos	3	1012650.23898	337550.07966	0.07	0.9354
Resíduos	18	36528283.19535	2435218.87969		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_c – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 41. Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca das forrageiras, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	347923486.1682	173961743.084	6.3589	<.0001
Épocas (E)	1	24513910.01220	24513910.0122	4.5431	0.0965
F x E	2	90263170.28524	45131585.1426	3.6823	0.0137
Fatorial x T	1	462700566.4656	92540113.2931	4.5556	0.0006
Blocos	3	20763915.23874	6921305.07958	0.07	0.4705
Resíduos	18	117119634.8584	7807975.65723		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_c – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

Tabela 42. Resultados de ANOVA para o parâmetro matéria seca total, avaliada em função da espécie forrageira e da época de semeadura

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Forageiras (F)	2	7505364.44054	3752682.22027	3.6823	0.2341
Épocas (E)	1	1032129.01588	1032129.01588	0.001	0.5167
F x E	2	24761710.86188	12380855.4309	3.6823	0.0183
Fatorial x T	1	33299204.31830	6659840.86366	2.9013	0.0532
Blocos	3	516527.07026	172175.69009	0.07	0.9733
Resíduos	18	35139894.71969	2342659.64798		

Fv – fonte de variação; GL – graus de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrados médios; F_c – valor de F estatístico calculado. Valores de Pr > Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença ao nível de significância de 5%.

APENDICE C – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVAS BÁSICAS PARA OS PARÂMETROS FITOTÉCNICOS E DE PRODUÇÃO NA CULTURA MILHO.

Tabela 43. Análise descritiva para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo

Observações	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção 1ª Espiga (m)	Diâmetro de Colmo (mm)
Média	1.79493	0.86988	19.81715
Desvio padrão	0.16	0.08585	2.11981
Variância	0.02734	0.00737	4.49359
Coefficiente de Variação	9.21196	9.86931	10.69683
Mínimo	1.426	0.66	16.227
Máximo	2.057	1.022	24.315
Simetria	-0.31653	-0.35827	0.2854
Curtose	-0.31653	08849	-0.13211

Tabela 44. Análise descritiva para população final de plantas, massa de 1000 grãos e produção de grãos

Observações	População final (Plantasha ⁻¹)	Massa de 1000 Grãos (kg)	Produção de grãos (Kg ha ⁻¹)
Média	55892.85714	400.74196	6828.23585
Desvio padrão	8056.92380	23.46618	2176.18162
Variância	64914021.16402	550.66149	4735766.45378
Coefficiente de Variação	14.41494	5.85568	31.87033
Mínimo	37500	355.14	2277.631
Máximo	70000	444.54	10352.46
Simetria	-0.34763	-0.3153	-2.1692
Curtose	-0.15053	-0.79871	-6.7448

Tabela 45. Análise descritiva para número de espigas, número de fileiras por espiga e grãos por fileiras

Observações	Número espigas/ha ⁻¹	Número fileiras/espigas	Número grãos/fileiras
Média	52142.85714	13.97857	25.55330
Desvio padrão	8156.86162	0.84562	4.54351
Variância	66534391.53439	0.71508	20.64349
Coefficiente de Variação	15.64330	6.04941	17.78052
Mínimo	35000	12	16.08
Máximo	65000	15.4	33.75
Simetria	-0.50382	-0.23798	-0.26661
Curtose	-0.6153	-0.19211	-0.78516

Tabela 46. Análise descritiva para matéria seca do milho, matéria seca das forrageiras e matéria seca total

Observações	Matéria seca do milho (Kg ha ⁻¹)	Matéria seca das forrageiras (Kg ha ⁻¹)	Matéria seca total (Kg ha ⁻¹)
Média	10875.11113	1.41739	11016.83833
Desvio padrão	1763.81225	0.02916	1727.18054
Variância	3111033.64315	0.00085	2983152.62733
Coefficiente de Variação	16.21880	2.05704	15.67764
Mínimo	6313.664	1.372074	6919.614
Máximo	14584.11	1.492459	14840.13
Simetria	-0.25413	0.73351	0.04214
Curtose	1.18955	0.8564	0.82486

APENDICE D – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVAS BÁSICAS PARA OS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO.

Tabela 47. Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,0-0,10 m

Observações	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,0-0,10 m				
Média	0.16434	0.31288	0.28127	1.67323
Desvio padrão	0.04190	0.07331	0.04117	0.07220
Variância	0.00176	0.00537	0.00170	0.00521
Coefficiente de Variação	25.49415	23.42952	14.63908	4.31490
Mínimo	0.117	0.2009303	0.206	1.536792
Máximo	0.3	0.4518932	0.359	1.85619
Simetria	0,41893	0.35458	0.22636	0.587
Curtose	0,09765	-0.74838	-0.65252	0.23051

Tabela 48. Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,10-0,20 m

Observações	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,10-0,20 m				
Média	0.08814	0.13804	0.71419	1.73075
Desvio padrão	0.03915	0.03380	0.02764	0.08191
Variância	0.00153	0.00114	0.00076	0.00671
Coefficiente de Variação	44.41222	24.48712	3.87019	4.73269
Mínimo	0.026	.0640732	0.6692621	1.589291
Máximo	0.156	0.21	0.767507	1.897255
Simetria	0.23233	-0.50501	0.53158	0.15389
Curtose	1.13058	0.43677	-0.83724	-0.65266

Tabela 49. Análise descritiva para os parâmetros de macroporosidade, microporosidade porosidade total e densidade do solo na camada de 0,20-0,30 m

Observações	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do Solo (kg dm ⁻³)
0,10-0,20 m				
Média	0.12396	0.13889	0.25351	1.73568
Desvio padrão	0.04727	0.04090	0.04127	0.07901
Variância	0.00223	0.00167	0.00170	0.00624
Coefficiente de Variação	38.13535	29.44938	16.28049	4.55198
Mínimo	0.046	0.093	0.174	1.546
Máximo	0.227	0.221	0.345	1.854
Simetria	0.71747	0.6329	0.26733	-0.67388
Curtose	0.00645	-0.84704	0.27969	0.25137