



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**CULTIVO DE MILHO SOB SISTEMAS DE MANEJO E
CULTURAS ANTECEDENTES NOS TABULEIROS
COSTEIROS**

OLAVO JOSÉ MARQUES FERREIRA

2015



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

OLAVO JOSÉ MARQUES FERREIRA

**CULTIVO DE MILHO SOB SISTEMAS DE MANEJO E CULTURAS
ANTECEDENTES NOS TABULEIROS COSTEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro
Co - Orientador
Prof. Dr. Alceu Pedrotti

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2015

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

F383c Ferreira; Olavo José Marques
Cultivo de milho sob sistema de manejo e culturas antecedentes nos tabuleiros
costeiros / Olavo José Marques Ferreira; orientador Genésio Tâmara Ribeiro. – São
Cristóvão, 2015.
56 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Programa de Pós-
Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe,
2015.

1. Agronomia. 2. Milho. 3. Produtividade agrícola. 4. Cultivos agrícolas. 5. Solos
– compactação. I. Ribeiro, Genésio Tâmara, oriente. II. Título.

CDU: 633.15

OLAVO JOSÉ MARQUES FERREIRA

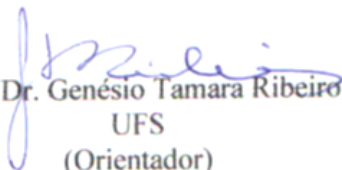
**CULTIVO DE MILHO SOB SISTEMAS DE MANEJO E CULTURAS
ANTECEDENTES NOS TABULEIROS COSTEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 29 de janeiro de 2015.

Prof. Dr. Alceu Pedrotti
UFS

Prof. Dr. Liamara Perin
IFS


Prof. Dr. Genésio Tamara Ribeiro
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*Dedico minha pesquisa aos meus pais José Osmar
Ferreira (In Memoriam) e Dulce M. de Sá
Ferreira, minha esposa Vivianne Jardim e ao meu
filho Eduardo*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de estudar, quando muitos não a tem e por concluir com êxito mais esta etapa.

À minha esposa Vivianne, meus pais José Osmar (*In Memoriam*) e Dulce, minhas irmãs Nadine e Zalane, meu irmão Bernardo por serem meu apoio, meu amparo, meu porto seguro em toda minha caminhada.

À minha querida família obrigada pelo amor incondicional. Amo muito vocês!

Ao meu orientador Professor Dr. Genésio Tâmara Ribeiro pela orientação e compreensão da situação que iniciou a relação de orientador e orientado, obrigado por tudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade da Universidade Federal de Sergipe - que com seus professores e funcionários me ajudaram a crescer profissionalmente.

Ao Campus rural e seus funcionários que ajudaram em todas as fases do experimento. Aos servidores Luziane, Ézio, Richard e Luzivaldo que apoiaram os trabalhos e ajudaram com ideias e soluções.

Aos bolsistas que acompanhavam diariamente os trabalhos de campo e laboratório (Alan, Diego e Michel).

Aos colegas de trabalho que ajudaram com sugestões e participação na apresentação.

Aos colegas de estudo pelo apoio em campo e incentivo.

Deus os abençoe!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Região de Tabuleiros Costeiros	3
2.2. Sistemas de manejo do solo.....	4
2.3. Densidade do solo e Resistência mecânica à penetração	4
2.4. Uso de Plantas antecedentes	6
2.5. Cultura do milho	9
3. CONCLUSÕES GERAIS	11
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
5. ARTIGO 1: PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLANTAS ANTECEDENTES E PRODUTIVIDADE DE MILHO VERDE EM SISTEMAS DE MANEJO NOS TABULEIROS COSTEIROS DE SERGIPE	16
Resumo.....	16
Abstract	17
5.1. Introdução	17
5.2. Material e Métodos	19
5.3. Resultados e Discussão	21
5.5. Conclusões.....	26
5.6. Referências Bibliográficas	27
6. ARTIGO 2: AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE UM ARGISSOLO CULTIVADO COM PLANTAS ANTECEDENTES AO MILHO SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO	29
Resumo.....	29
Abstract	30
6.1. Introdução	30
6.2. Material e Métodos	31
6.3. Resultados e Discussão	34
6.4. Conclusões	40
6.5. Referências Bibliográficas (de acordo com as normas do periódico)	41

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
5.1	Disposição dos sistemas de cultivo e plantas antecedentes na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.....	20
6.1	Disposição dos sistemas de cultivo e plantas antecedentes na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.....	32
6.2	Umidade do solonos três sistemas de cultivo de acordo com as plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amearelo. São Cristóvão, Sergipe.	34
6.3	Resistência mecânica à penetração em 0 - 20 cm de profundidade, nos três sistemas de manejo do solo de acordo com as plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amearelo. São Cristóvão, Sergipe.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
5.1	Resultado da análise química do solo realizada na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.....	20
5.2	Produtividade de matéria seca (Kg.ha^{-1}), de diferentes espécies vegetais utilizadas como plantas antecedentes ao plantio do milho em diferentes sistemas de manejo do solo. São Cristóvão, Sergipe.....	21
5.3	Teor de matéria orgânica no solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm em função do cultivo de plantas antecedentes sob manejos do solo. São Cristóvão. Sergipe	23
5.4	Produtividade média do número e peso das espigas de milho em função do cultivo de plantas antecedentes sob manejos do solo. São Cristóvão. Sergipe	24
6.1	Resultado da análise química do solo realizada na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.....	32
6.2	Densidade (g.cm^{-3}) de um Argissolo VermelhoAmarelo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, submetido a diferentes sistemas de preparo do solo e culturas antecedentes ao milho. Após 13 anos de condução do experimento	35
6.3	Resistência mecânica do solo à penetração, em MPa, em diferentes profundidades (cm) em três sistemas de manejo e diferentes plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amarelo. São Cristóvão, Sergipe.	37
6.4	Valores de umidade Gravimétrica (kg.kg^{-1}) nas duas camadas amostradas para os três sistemas de manejo e diferentes plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amarelo. São Cristóvão, Sergipe.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CC	Cultivo Convencional
CCAA	Centro de Ciências Agrárias Aplicadas
CM	Cultivo Mínimo
C/N	Relação Carbono e Nitrogênio
cm	Centímetros
Ds	Densidade
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ha	Hectare
H+Al	Hidrogênio mais Alumínio
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
Kg	Quilogramas
m	Metro
Mg	Magnésio
M.O.	Matéria Orgânica
MPa	MegaPascal
N	Nitrogênio
NE	Número de espigas
NP	Número de Plantas
P	Fósforo
PD	Plantio Direto
pH	Potencial Hidrogeniônico
PE	Peso de espigas
PVA	
RMP	Resistência Mecânica à Penetração
T	Capacidade de Troca Catiônica
Ton	Tonelada
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFS	Universidade Federal de Sergipe
V	Saturação por bases

RESUMO

FERREIRA, Olavo José Marques. **Cultivo de milho sob sistemas de manejo e culturas antecedentes nos Tabuleiros Costeiros**. São Cristóvão: UFS, 2015. 56f. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).

O presente trabalho teve por objetivo verificar a influência de diferentes manejos de solo e plantas antecedentes na produção de espigas de milho verde em um Argissolo Vermelho Amarelo na região de Tabuleiros Costeiros no município de São Cristóvão/SE. Os sistemas de manejo do solo utilizados foram: cultivo convencional (CC - uso de duas arações e duas gradagens), cultivo mínimo (CM - uso de duas gradagens) e plantio direto (PD - dessecação das plantas). Esses sistemas foram escolhidos para se comparar a relação entre produção e mobilização do solo. As plantas antecedentes ao cultivo de milho foram: guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.). Estas plantas tinham por finalidade a cobertura do solo, fixação de nitrogênio, produção de matéria orgânica e descompactação das camadas subsuperficiais do solo pelas raízes. A colheita do milho verde teve o objetivo de medir a produtividade de um produto regional de fácil aceitação pelos consumidores e avaliar a melhor interação entre sistemas de manejo do solo e plantas antecedentes, sendo uma estratégia interessante para agricultores locais e regionais. No estudo fez-se: avaliação da quantidade e peso de espigas milho em kg.ha⁻¹ e peso da biomassa vegetal de plantas antecedentes (kg.ha⁻¹); coleta de amostras do solo nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm em cada parcela nos sistemas de manejo para análise química e a resistência mecânica à penetração (RMP), umidade e densidade do solo (Ds). Como resultado, o cultivo de milheto em cultivo mínimo, apresentou a maior produção de biomassa com reflexos numa maior quantidade de matéria orgânica no solo. O cultivo de milho, nas áreas com plantio de milheto em CM e PD, teve maior produção em quantidade e peso de espigas. A maior Ds em CC foi obtida quando realizado o plantio de guandu. Quanto a RMP, os maiores valores foram observados no CC e CM, sendo os menores valores de RMP obtidos em PD nas camadas 10 -15 e 15 – 20 cm. No PD, o plantio de girassol permitiu menores valores de RMP em relação ao cultivo de crotalária. Os resultados permitem concluir que o uso de plantas antecedentes, principalmente milheto, associadas ao manejo do solo nos sistemas de Plantio Direto e de Cultivo Mínimo podem contribuir para a melhor qualidade do solo, do ponto de vista físico, ocasionando melhor produtividade na cultura do milho verde cultivado na região de Tabuleiros Costeiros.

Palavras-chave: Compactação do solo, Produtividade de milho, sistemas de cultivo.

* Comitê Orientador: Genésio Tâmara Ribeiro – UFS (Orientador), Alceu Pedrotti (Co-orientador) – UFS.

ABSTRACT

FERREIRA, Olavo José Marques. **Maize cultivation under management systems and cultures antecedents in the Coastal Plains** São Cristóvão: UFS, 2014. 56 f. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

This study aimed to investigate the influence of different soil management and plant antecedents in the production of green corn cobs, a Yellow Ultisol in the Coastal Plains region in the municipality of São Cristóvão / SE. Soil management systems were used: conventional tillage (CT - use of two plowing and disking), minimum tillage (MT - use of two harrowing) and no-tillage (NT - Desiccation). These systems were chosen to compare the relationship between production and mobilization of the soil. The antecedent plants producing corn were: pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp), hemp (*Crotalaria juncea* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.) and millet (*Pennisetum glaucum* L.). These plants were designed to soil cover, nitrogen fixation, production of organic matter and decompression of the subsurface soil layers by the roots. The harvest of corn aimed to measure the productivity of a regional product easily accepted by consumers and evaluate the best interaction between soil management systems and antecedents plants, with an interesting strategy for local and regional farmers. In the study was made: assessment of the amount and weight of corn cobs in kg.ha⁻¹ and weight of vegetable biomass antecedents plants (kg.ha⁻¹); collecting soil samples in layers 0-10 and 10-20 cm from each plot at management systems for chemical analysis and mechanical penetration resistance (MPR), moisture and bulk density (Bd). The main reason for working with the corn due to the significant technological growth in the state to grow corn. As a result, millet cultivation in minimum tillage, had the highest biomass production reflected a more organic matter in the soil. The corn crop in areas with millet planting in MT and NT had higher production in quantity and weight of ears of corn. Most Bd CT was obtained when performed planting pigeon pea. As for MPR, the highest values were observed in the CT and MT, and the lowest MPR values obtained in NT in layers 10 -15 and 15-20 cm. In NT, planting sunflower allowed smaller MPR values in relation to the sun hemp cultivation. The results suggest that the use of antecedents plants, mainly millet, associated to soil management in No-till systems and Minimum Cultivation can help improve the quality of the soil, from the physical point of view, leading to improved productivity in the corn crop cultivated in the Coastal Plains region.

Key-words: Soil compaction, corn productivity, cropping systems.

* Supervising Committee: Genésio Tâmara Ribeiro– UFS (Orientador), Alceu Pedrotti (Co-orientador) – UFS.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de alimentos de forma rentável em equilíbrio com o meio ambiente deve ser prioridade em regiões onde o solo seja exigente em cuidados quanto aos aspectos físicos e biológicos. A sustentabilidade ambiental necessita que os sistemas produtivos observem, além dos aspectos de produtividade e qualidade, a proteção do meio ambiente e segurança para o consumidor. A necessidade de cuidados para a manutenção e proteção do solo fazem com que os sistemas de cultivo agrícola entrem em processo de degradação, advertindo sobre a importância da conservação dos recursos naturais.

Neste sentido, os solos de Tabuleiros Costeiros, naturalmente apresentam predominância de argila do tipo caulinita, estrutura frágil, baixos teores de matéria orgânica, além da baixa retenção de água e nutrientes devido a sua textura franco arenosa e ao elevado índice de precipitação pluviométrica (em torno de 1200mm anuais). A atividade agrícola, nesta região, enfrenta problemas como a existência de solos com horizontes coesos que reduzem a profundidade efetiva, limitando a percolação de água no perfil e o aprofundamento do sistema radicular (SOUZA *et. al.*, 2001). A carência de práticas conservacionistas, como o emprego de plantas antecedentes para cobertura do solo, priorizando a reposição de restos vegetais, pode contribuir para a degradação do solo e perda de áreas agricultáveis.

Dentre as práticas conservacionistas, o sistema de manejo de solo pode constituir uma boa forma de conservação. O plantio direto prioriza a permanência de resíduos culturais na superfície do solo. Outros sistemas como o cultivo mínimo e o convencional há o uso de implementos que mobilizam o solo e incorporam os resíduos vegetais. Apesar da produtividade ser a prioridade para o agricultor, o preparo correto do solo deve ser viável do ponto de vista financeiro e ambiental. Um manejo inadequado pode ocasionar interferências negativas no solo, contribuindo para a degradação e a instabilidade dos sistemas agroecológicos.

Solos com baixa qualidade física, com intensa circulação de máquinas e falta de incorporação de resíduos vegetais, tendem a compactação e comprometem o desenvolvimento das culturas comerciais. A compactação do solo tem-se constituído em um dos grandes obstáculos ao aumento da produtividade do setor agrícola (ROBOREDO *et. al.*, 2010). Segundo Ralisch *et. al.*, (2008), o nível de compactação do solo é avaliado pela densidade e a resistência mecânica do solo à penetração. Estas medidas permitem caracterizar a estrutura de um mesmo solo sob diferentes manejos.

Os questionamentos dessa pesquisa se referem ao uso de diferentes sistemas de manejo do solo para o plantio de milho e o uso de plantas antecedentes em região de Tabuleiros Costeiros. Foram avaliadas a produtividade do milho e a quantificação de biomassa vegetal, de acordo com o sistema de manejo de solo e o tipo de planta utilizada. Outro ponto de

questionamento refere-se a adequação do uso do solo, se este pode permitir uma maior eficácia na atividade agrícola de forma sustentável e na preservação do ambiente, em relação à degradação física e química do solo.

Baseado nesses questionamentos esta dissertação foi compilada em três artigos. A primeira produção aborda o comportamento da resistência mecânica e a densidade do solo de acordo como sistema de manejo e tipo de planta antecedente utilizada. Existe para a região dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe alguma planta antecedente, em um sistema de manejo, que permita menores valores de resistência e densidade do solo? Assim o objetivo desse trabalho foi analisar a interação de plantas e sistemas de manejo sob aspectos da física do solo.

No segundo artigo, fez-se a avaliação da resistência mecânica do solo a penetração e a variação da densidade do solo relativo ao uso de diferentes plantas antecedentes e sistemas de manejo do solo. Como resultado quanto ao comportamento físico do solo após o cultivo do milho caracterizou-se a influência de diferentes manejos do solo na produção de alimentos.

No terceiro artigo abordou-se as relações entre a produção de biomassa vegetal pelas plantas antecedentes e quantidade de matéria orgânica acumulada no solo, de acordo com as diferentes plantas antecedentes e sistemas de manejo de solo e seus efeitos na produtividade de espigas de milho verde. Os dados foram selecionados a partir de parâmetros de matéria orgânica no solo e produção de biomassa vegetal. A produtividade de milho verde foi baseada na quantidade de espigas e o seu peso por hectare.

Desse modo, esses artigos apresentam resultados baseados em dados coletados de campo quanto aos aspectos físicos do solo e produtividade do milho, sob diferentes sistemas de manejo do solo e uso de plantas antecedentes, demonstrando a importância do uso eficiente da tecnologia na produção agrícola no Estado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Região de Tabuleiros Costeiros

Os solos dos Tabuleiros Costeiros estão distribuídos por quase toda faixa costeira do Brasil, desde o estado do Amapá até o estado do Rio de Janeiro (Jacomine, 2001). Em Sergipe, abrange toda a região litorânea estendendo-se por 60 km a Oeste, com predominância dos Latossolos Amarelo e Argissolo Amarelo. Apresentam argila do tipo caulinita, estrutura frágil e baixos teores de matéria orgânica.

No estado de Sergipe a região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea compreendem uma área de aproximadamente 7.126 km². Representa cerca de 32 % da área do estado de Sergipe. Segundo Cintra *et. al.*, (2001) a importância estratégica dos Tabuleiros Costeiros está relacionada não somente ao significativo contingente de população o qual perfaz cerca de 45% da região Nordeste, como também pela utilização dos mesmos com cana-de-açúcar, pecuária, fruticultura e culturas anuais, que geram emprego e renda.

Devido a sua textura franco arenosa e a alta precipitação pluviométrica, concentrada nos meses de julho a outubro, há baixa retenção de água e nutrientes. Dentre as limitações físicas uma das mais importantes é a ocorrência dos horizontes coesos. O horizonte coeso é um horizonte pedogenético adensado o qual limita a infiltração de água, a aeração e o crescimento radicular. Para Araújo (2000), a baixa produtividade pode ser causada pelas camadas coesas e a má distribuição das chuvas.

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo As' caracterizado como clima tropical chuvoso, com verão seco e estação chuvosa no outono. Nesta região a cobertura vegetal é de florestas, restingas e cerrado. Nos Tabuleiros Costeiros, o clima proporciona o desenvolvimento de cobertura vegetal, com chuvas distribuídas nos meses de fevereiro a setembro, permitindo o desenvolvimento de culturas anuais. A média pluviométrica anual para a região é de aproximadamente 1200 mm.

A cobertura pedológica é constituída por solos dessaturados de bases, ácidos, e em grande parte deles apresentando uma acentuada variação textural entre os horizontes superficiais (mais arenosos) e os de subsuperfície (mais argilosos). Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013) tais solos enquadram-se predominantemente na ordem dos Argissolos.

2.2 Sistemas de manejo do solo

O manejo do solo para a agricultura é realizado com a finalidade oferecer melhores condições para a germinação e emergência das plantas e seu estabelecimento no solo. Essas

condições são influenciadas pelas ações do preparo e mobilização do solo quemodificam a sua estrutura.São observados que houve um grande incremento de peso e potência nas máquinas a fim de se aumentar a eficiência nas operações, embora este fato venha agravando os problemas em relação à compactação do solo. (JIMENEZ *et. al.*, 2008). As operações de manejo do solo, estão associadas ao uso de máquinas e implementos que definem os tipos de sistemas de cultivo.

O sistema de cultivo mínimo visa uma menor movimentação do solo comparado ao convencional, propiciando uma maior quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. As operações, geralmente, são uma ou duas gradagens e segundo Curi (1993), o cultivo mínimo cria condições à germinação das sementes e o estabelecimento da cultura.

O sistema convencional envolve uma maior movimentação do solo com processos de arações e gradagens. Essa maior movimentação do solo é considerada como sendo causa de maior degradação da matéria orgânica contida no solo. Essa perda de matéria orgânica é aumentada quando ocorre o revolvimento do solo consequentemente o rompimento dos agregados (ROSCOE *et. al.*, 2006).

No plantio direto não há revolvimento do solo, ou seja, a semeadura é realizada sem um preparo prévio do solo para o plantio. É uma prática conservacionista que prioriza a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, diminuindo a velocidade de decomposição e aumentando os teores de matéria orgânica. Com base nesse aspecto, a rotação de culturas exerce um papel fundamental para proporcionar incrementos nas produções de resíduos que retornam ao solo (ROSCOE *et. al.*, 2006). Efeitos sobre alguns atributos do solo já são reportados na literatura, tais como: a variação de densidade do solo ao longo dos anos de cultivo, o aumento da porosidadetotal e o aumento no tamanho de agregados (Lara & Lanças, 2005).

A degradação da terra está associada às atividades antrópicas como, por exemplo, a exploração dos recursos naturais e práticas de manejo indevidas do uso do solo (ARAÚJO e SOUZA, 2011).A degradação terras provoca redução das áreas agricultáveis, deterioração ambiental, queda na produção agropecuária, como também diminuição da renda das comunidades rurais e piora nas condições sociais.

2.3 Densidade do solo e Resistência mecânica à penetração

Atributos como a atividade biológica, mineralização de carbono, a facilidade de infiltração e percolação de água no solo e o crescimento radicular, auxiliam na produtividade agrícola. Para Burger e Kelting (1999), todos esses atributos são, em parte, relacionados a propriedades e processos físicos do solo.

Em solos com baixa qualidade física, intensa circulação de máquinas e falta de incorporação de resíduos vegetais, tendem a compactar e comprometer o desenvolvimento das

culturas. Para Assis e Lanças (2005), um solo com maior tempo de uso, apresenta uma tendência de alteração dos atributos físicos, e por isso, se faz necessário o estudo dos fenômenos da estrutura do solo.

A compactação do solo tem-se constituído em um dos grandes obstáculos ao aumento da produtividade do setor agrossilvipastoril, assim como tem provocado, principalmente nas áreas mecanizadas declivosas, forte assoreamento dos recursos hídricos (ROBOREDO *et. al.*, 2010). Segundo Ralisch *et. al.*, (2008), o nível de compactação do solo é avaliado pela densidade e a resistência mecânica do solo à penetração. Estas medidas permitem caracterizar a estrutura de um mesmo solo sob diferentes manejos.

A densidade do solo é a relação entre a massa de solo e o volume. Em solo compactado o número de macroporos é reduzido e a densidade é maior, o que, em solo seco, resulta em maior resistência física ao crescimento das raízes e decréscimo no potencial de água, enquanto em solo úmido gera falta de oxigênio e, principalmente, elevadas concentrações de etileno na zona radicular, devido à menor aeração. A densidade é utilizada para determinar a quantidade de água e de nutrientes que existe no perfil do solo com base no volume, além de apresentar estreita correlação com a umidade do solo (Melloni *et al.*, 2008).

A Resistência mecânica dos solos à penetração possui uma boa correlação com o crescimento radicular, uma vez que a elongação das raízes varia de forma inversamente proporcional a tal resistência (CARVALHO *et. al.*, 2006). Com a elevação da resistência do solo à penetração, a força exercida pelas raízes, necessária para o deslocamento das partículas do solo, se torna limitante, e o crescimento no solo é reduzido (Silva & Giarola, 2001). Segundo Merotto e Mundstock (1999), valores de resistência mecânica à penetração entre 2,0 e 3,5 MPA podem restringir o crescimento e o desenvolvimento radicular em comprimento e diâmetro.

A resistência à penetração teve grande variação temporal e foi associada à variação da umidade do solo para cada condição de densidade do solo ou estado de compactação. A compactação modifica o comprimento, diâmetro e distribuição das raízes de milho no solo, que por sua vez pode interferir no crescimento e na taxa de absorção de nutrientes e água pela raiz. A distribuição espacial das raízes tem efeito na absorção de água, porque a absorção se dá em um raio médio de 2 cm. O nível de água no solo é o principal fator que afeta a taxa de crescimento da raiz de milho (Júnior & Reinert, 2004). Segundo Lara & Lança (2005) os valores de umidade do solo no momento da avaliação da resistência do solo à penetração nos sistemas estudados encontram-se dentro, e, em alguns casos, pouco abaixo da faixa de friabilidade do solo.

Em solos de Tabuleiros Costeiros, onde há a presença de B textural e horizonte coeso, além de uma camada superficial arenosa, a utilização intensiva de máquinas, o inadequado

manejo de uso da terra e a forma com que os resíduos culturais são dispensados podem contribuir para a alteração da física do solo e consequentemente no aumento da densidade e da resistência mecânica do solo à penetração. Tornam-se necessárias as pesquisas em manejos eficientes que propiciem uma menor compactação do solo.

Dessa forma, a avaliação das propriedades físicas do solo, em diferentes sistemas de manejo, para o cultivo de milho verde é importante para a caracterização do manejo mais adequado para o desenvolvimento das plantas, aumento da produtividade e rentabilidade.

2.4 Uso de Plantas Antecedentes

Na agricultura, o revolvimento do solo, o elevado uso de fertilizantes e defensivos químicos e até a possibilidade de uso de fogo para a limpeza das áreas tem proporcionado diminuição da conservação do solo, reduzindo sua capacidade produtiva. A falta de cobertura do solo durante os períodos chuvosos tem contribuído para a redução do tamanho dos agregados, possibilidade de encrustamento superficial que reduz a infiltração de água e eleva a possibilidade de erosão.

Dentre as práticas conservacionistas, a cobertura do solo passa a ser um dos fatores mais eficientes na minimização dos efeitos indesejáveis que advêm da exploração dos solos agrícolas, devido, especialmente, à ação protetora proporcionada pelos resíduos orgânicos deixados pelas culturas, os quais atuam interceptando as gotas de chuva e dissipando sua energia cinética (MARTINS e ROSA JUNIOR, 2005).

O uso de plantas de cobertura antes do cultivo da cultura comercial, é uma prática bastante utilizada para a rotação de culturas em sistemas de plantio direto, por exemplo. As plantas antecedentes mantêm a cobertura no solo durante o período em que não seja possível a produção de alimentos e podem servir de adubos verdes ou como agentes de reestruturação das qualidades químicas e físicas do solo. No plantio direto, os restos culturais são mantidos na superfície, promovendo aumento no teor de matéria orgânica, redução da erosão e melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo (CECCON *et. al.*, 2002; TOBAL *et. al.*, 2002).

Deve-se optar por plantas que beneficiem à cultura em sucessão, pela adição de matéria orgânica ao solo através da produção de biomassa vegetal, a fixação biológica de nitrogênio, relação C/N adequada para a decomposição pelos microrganismos, descompactação do solo e adaptabilidade à região. Devem apresentar, ainda, um rápido desenvolvimento pois tem um tempo limitado de permanência no solo.

A escolha das espécies vegetais para o sistema é muito importante pois, não devem ser de implantação onerosa ao produtor rural, ter disponibilidade de sementes no mercado e não dificultarem os trabalhos do campo. Algumas plantas têm-se destacado pelos benefícios

proporcionados ao solo, como a aveia preta, a ervilhaca-peluda e o nabo-forrageiro, como plantas antecessoras de inverno (MARTINS e ROSA JUNIOR, 2005).

Para o Nordeste do Brasil, Souza *et. al.*, (2008), destacaram que os estudos são raros e mais especificamente na região dos Tabuleiros Costeiros não há existência de informação a respeito da adaptabilidade e uso dessa forma de tecnologia alternativa nos sistemas agrícolas. Mesmo assim, destacaram o uso do Guandu (*Cajanus cajan* L. MILLSP), Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), Milheto (*Pennisetum glaucum* L.), Amaranthus (*Amaranthus cruentus*), Eleusine (*Eleusine coracana*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) e Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

2.4.1 Crotalária (*Crotalaria juncea* L.)

O gênero consiste de cerca de 500 espécies, localizadas em áreas tropicais e subtropicais (SOUZA *et. al.*, 2008). A crotalária (*Crotalaria juncea* L.) vem sendo utilizada como cobertura vegetal na região central do Brasil e tem se destacado devido à tolerância à seca e adaptação às condições edafoclimáticas dessa região.

Seu crescimento é rápido e vigoroso, com uma maior quantidade de biomassa em pouco tempo, de 3 a 4 meses, em comparação com as demais do gênero. Bertin; Andrioli; Centurion, (2005), trabalhando com diferentes plantas em pré plantio de milho, obtiveram valores de 3,8 t.ha⁻¹ de biomassa seca. Finholdt *et.al.*,(2009), avaliando a biomassa e cobertura do solo de adubos verdes obtiveram 2,8 t.ha⁻¹ de biomassa seca.

É muito utilizada para o controle de nematóides do gênero *Meloidogyne* e produção de forragem, produção de biomassa vegetal e controle de erosão. Além de ser utilizada como adubo verde e fazer a fixação de nitrogênio atmosférico através de sua associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*.

2.4.2 Girassol (*Helianthus annuus* L.)

O girassol (*Helianthus annuus*L.) é uma dicotiledônea anual, pertencente à família Asteraceae, originária do México (CASTRO e FARIAS, 2005). Apresenta maior resistência aos déficits hídricos, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil, além de ser pouco influenciada pela altitude e pelo fotoperíodo. Por isso, é capaz de adaptar-se a diferentes condições ambientais, podendo ser cultivado desde o Rio Grande do Sul até o estado de Roraima (LEITE, 2005).

O girassol tem sido utilizado como planta melífera associado à apicultura, planta ornamental, adubo verde, na alimentação animal, além do seu uso principal relacionado a produção de óleo para indústria alimentícia e de biocombustíveis (MORGADO *et. al.*, 2002;

NEVES *et. al.*, 2005; CORRÊA *et. al.*, 2008; RONCATTO e VIECELLI, 2009; OLIVEIRA e CARVALHO, 2011).

Devido as características ecofisiológicas do girassol, tem sido utilizado em estudos sobre a sustentabilidade de sistemas agrícolas e rotação de culturas como os desenvolvidos por Pinto e Crestana (1998). Em estudos de manejo do solo e cobertura verde como Derpsch, Sidiras e Heinzmann (1985) e trabalhos de produção de fitomassa e cobertura do solo (Filho *et al.*, 2004).

2.4.3 Guandu (*Cajanus cajan* L. MILLSP)

Pode ser uma planta anual ou perene de vida curta, de caule lenhoso e raiz do tipo pivotante. As raízes secundárias são finas secundárias, até 30 cm da superfície, apresentam nódulos que contêm bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam simbioticamente nitrogênio atmosférico. As sementes são bastante duras quando secas e o número de sementes por kg varia de 1.150 a 3.630 unidades.

O guandu é uma leguminosa de grande importância agrônômica, pela produção de biomassa, produção de grãos e por atuarem como coberturas protetoras do solo e servir de adubo verde e fonte de nutrientes para as plantas e microorganismos. Moreira *et. al.*, (2003), trabalhando com Guandu em Seropédica (RJ), com corte aos 160 dias, produziu até 8,10 t. ha⁻¹ de fitomassa seca, o que pode incorporar ao sistema até 217 kg ha⁻¹ de Nitrogênio.

Suzuki e Alves (2006), cultivando guandu em um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, no Município de Selvíria-MS obtiveram produção de massa seca de 6,46 t.ha⁻¹. Rayol e Alvino-Rayol (2011), cultivando guandu na cidade de Vigia/ PA, obtiveram uma produção média de massas verde e seca de feijão guandu aos três meses de plantio de 16,1 t/ha e 11,5 t/ha, respectivamente.

2.4.4 Milheto (*Penisetum glaucum* L.)

O milheto é uma forrageira de clima tropical, anual, de hábito ereto, porte alto, com desenvolvimento uniforme e bom perfilhamento, e produção de sementes entre 500 quilos a 1.500 quilos/hectare. Quanto ao potencial produtivo de forragem, pode alcançar até 60 toneladas de massa verde e 20 toneladas de matéria seca.ha⁻¹, quando cultivado no início da primavera. É uma planta que se adapta bem a vários tipos de solos, apresentando boa persistência em solo de baixa fertilidade e déficit hídrico, embora responda com ótimas produtividades em solo de média a boa fertilidade e adubação. Não resiste a geadas e solos encharcados (KICHEL *et. al.*, 2000).

Nas condições edafoclimáticas do Cerrado, o milheto tem sido utilizada como planta de cobertura, com destaque para a grande produção de biomassa (LARA CABEZAS *et al.*, 2004). Mesmo com a sua maior relação C/N, apresenta uma menor velocidade de decomposição comparado às leguminosas mesmo sob elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão (SOUSA e LOBATO, 2003).

Trabalhos para avaliar produção de biomassa de milheto como planta de cobertura obtendo produções de 6.780 kg.ha⁻¹ de massa seca (MURAISHI *et al.*, 2005), 9.830 kg.ha⁻¹ (ASSIS *et al.*, 2005), e 6.000 kg.ha⁻¹ de massa seca (KLIEMANN *et al.*, 2006), demonstrando o potencial produtivo da cultura.

2.5 Cultura do milho (*Zea mays* L.)

O cultivo de milho tornou-se um dos mais importantes do mundo devido a sua difusão e por apresentar considerado potencial produtivo, composição química, valor nutricional e multiplicidade de aplicações (matéria-prima para agroindústrias, alimentação humana e animal).

Para a alimentação humana, o milho pode ser consumido na forma de grãos secos ou verdes. Na fase de grãos leitosos, isto é, milho verde, os grãos são tenros e apresentam maior quantidade de sacarose, dextrinas e vitaminas em relação ao milho verde comum (STORCK e LOVATO, 1991). O milho verde pode ser consumido cozido ou assado ou ainda, como matéria prima para a fabricação de comidas típicas, principalmente no Nordeste. Após a colheita do milho verde, a palhada e espigas não comercializáveis podem ser utilizadas como forragem ou oferecidas trituradas ou *in natura* para alimentação animal.

Para Araújo *et al.*, (2006), em regiões com indústrias de processamento de produtos agrícolas, esta atividade pode apresentar uma grande importância no cenário da olericultura no Brasil. O milho verde é utilizado em escala comercial como milho enlatado, ou para ser consumido verde. Seu cultivo vem crescendo gradativamente em nosso meio, motivo pelo qual tem atraído a atenção de produtores (ARAGÃO, 2002).

Apesar de toda a tecnologia desenvolvida, segundo Borin *et al.*, (2010), a produção de milho verde necessita de mais pesquisas relacionadas ao manejo da cultura para a obtenção de um maior potencial produtivo. Carmo *et al.*, (2012), destacaram entre os manejos para o cultivo de milho verde deve estar relacionada a adubação nitrogenada pois, contribui diretamente para o aumento da produtividade.

Segundo Pöttker e Wiethölter (2004) para o ciclo de desenvolvimento da planta, há uma grande demanda por nitrogênio, pois os solos não suprem a demanda da cultura. A maioria das

recomendações de adubação para a cultura do milho tem como recomendação de nitrogênio a aplicação entre 80 kg e 120 kg ha⁻¹ de N, como em Raij *et. al.*, (1996). Isso implica que em um solo pobre de nutrientes, o agricultor deve dispor de uma grande quantidade de fertilizantes.

A produção de milho verde permite ao agricultor mais colheitas durante o ano. Segundo dados da CODEVASF (2012) no perímetro irrigado de Cotinguiba/Pindoba, a produção de “milho verde” no ano de 2012 chegou a 900 toneladas de espigas, com produtividade média de 7 mil espigas/hectare, gerando um Valor Bruto da Produção (VBP) de cerca de 360 mil reais. O aproveitamento da palhada na alimentação animal aumentou a receita bruta familiar por ciclo da cultura de R\$ 9.480,00 para R\$ 13.530,00, cerca de 43%. Essa produção está concentrada em 38 lotes familiares, beneficiando cerca de 35 famílias.

A exploração de milho verde pode constituir em alternativa econômica tanto para os hortigranjeiros dos cinturões verdes, que produzem milho para consumo ao natural, como para aqueles de locais mais distantes, com produção de milho destinado ao processamento na indústria (AMORIM *et. al.*, 1999), durante todos os meses do ano.

3. CONCLUSÕES GERAIS

A produção de alimentos é necessária para a manutenção de do homem no campo pela geração de renda. Contudo a exploração agrícola em áreas como as de Tabuleros Costeiros requer cuidados com o tipo de exploração adotado, pois pode causar a degradação do solo e posterior perda de solo de áreas agricultáveis. A presença de horizonte coeso e a distribuição irregular de chuvas, podem reduzir o desenvolvimento normal das plantas.

A utilização de máquinas agrícolas para o preparo dosolo podem afetar de forma significativa os atributos físicos do solo e reduzindo potencialmente a produção de alimentos. O uso de plantas antecedentes visa a incorporação de resíduos vegetais no solo ou mesmo a dscompactação do solo pelo seu sistema radicular, reduzindo os efeitos da compactação ou do horizonte coeso sobre o desenvolvimento das plantas.

O plantio de milho verde é uma boa opção para os pequenos agricultores pois pode-se obter boa renda com a produção do produto principal, o milho e o subproduto pode servir para a alimentação animal. O desenvolvimento de técnicas de produção adaptadas para cada região e condição típica, favorecem o crescimento da agricultura e manutenção da qualidade de vida das pessoas que vivem dela.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. M. C.; ABOUD, A. C. de S.; RIBEIRO, R. de L. D.; ALMEIDA, D. L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1111-1117, 2004.

AMORIM, E. P.; CARASSAI, I.; KLUGE, M.; MAZZOCATO, A. C.; SERENO, M. J.; BARBOSA NETO, J. F. Avaliação do comportamento de duas populações de milho doce e milho comum sobre a ação de fatores abióticos. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 44., 1999, Porto Alegre; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 27., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. p. 272-277.

ARAÚJO, C. S. F.; SOUZA, A. N. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciênc. Educ.**, v. 17, n.4, p. 975-986, 2011.

ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 687 - 692, 2006.

ARAUJO, Q.R. *Solo de Tabuleiros Costeiros e qualidade de vida das populações*. **Editus**. Ilhéus.2000.97p.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo vermelhódistroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 29:515-522, 2005.

ASSIS, R. L.; MACEDO, R. S.; PIRES, F. R.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PAIVA, F. C.; GOMES, G. V.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. In: CONGRSSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. **Anais**. Recife, Sociedade Brasileira de Ciencia do solo, 2005. CD-ROM.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 03, p. 379-386, 2005.

BORIN, A. L. D. C; LANA, R.M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. spe, p. 1591 - 1597, 2010.

CARMO, M. S. *et al.* Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Biosci. J.**, v. 28, Supplement 1, p. 223-231, Mar. 2012.

CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. DE P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.765-771, 2006.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. L. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.

CECCON, G. *et al.* Propriedades físicas e químicas de um nitossolo vermelho sob diferentes manejos em botucatu-sp, 2001. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, 2002. 1 **CD ROM**, Cuiabá–UFMT, 2002.

CINTRA, L. F. D.; ANJOS, J. L.; MELLO, W. M. P. I. *Anais-Workshop* coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2001. 339p.

CODEVASF. **Cultivo do milho verde ameniza efeitos da seca prolongada no rebanho sergipano.** Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/noticias/2007/cultivo-do-milho-verde-ameniza-efeitos-da-seca-prolongada-no-rebanho-sergipano>> Data de acesso: 03/02/2015

CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; ÚNGARO, M. R.; BERNARDI, J. A.; STORINO, M. Desempenho de motor diesel com mistura de biodiesel de óleo de girassol. **Ciênc. Agropec.**, v. 32, n. 3, p. 923-928, 2008.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas, SP: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 1993. 89 p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. agropec. bras.**, 20(7):761-773. 1985.

FILHO, J. S.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesq. agropec. Bras.**, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; JÚNIOR, V. V.; CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Eng. Agríc.**, v.26, n.1, p.113-121, jan./abr. 2006

FINHOLDT, R. S.; ASSIS, A. M.; BISINOTTO, F. F.; AQUINO JÚNIOR, V. M.; SILVA, L. O. Avaliação da biomassa e cobertura do solo de adubos verdes. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. *Anais-Workshop* Tabuleiros Costeiros. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju. 2001. p 19-46.

JIMENEZ, R. L. *et al.* Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v. 12, n. 2, abr. 2008.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso do milheto como planta forrageira**, EMBRAPA GADO DE CORTE. Campo Grande, MS, dez. 2000 nº46.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies vegetais de cobertura do em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesq. Agropec. Trop.**, 36: 21-28, 2006.

LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ci. Rural**, 34:1005-1013, 2004.

LARA, R. A.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos Atributos Físicos de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob Sistema Plantio Direto, Preparo Convencional e Mata Nativa, **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29 n°4, 2005.

LEITE, R. M. V. B. Manejo de doenças do girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A.M., Castro, C. (Eds.), **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.501-546.

MARTINS, R. M. G.; ROSA JUNIOR, E. J. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto. **Acta Sci. Agron.** v. 27, n. 2, p. 225-232, April/June, 2005.

MELLONI, R.; PERREIRA, E. G. M.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores da qualidade do solo. **Informe agropecuário**, v.29, n. 244, 17-29p, 2008.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MORGADO, L. N.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTANA, M. P. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras, MG. **Ciênc. Agrotec.**, v.26, n.6, p.1167-1177, 2002.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MORTON, J. F.; SMITH, R. E.; LUCO-LOPEZ, M. A.; e ABRANS, R. Pigeon-peas *Cajanus cajan* Millsp). **A valuable crop of the tropics**. Mayaguez, Univ. Puerto Rico - Dep. of Agronomy and Soils, 1982. 122p.

MOREIRA, V.F. et al. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico, 57).

MURAISSHI, C.T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura do solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Sci. Agron.**, 27: 199-207, 2005.

NEVES, M. B.; BUZETYTI, S.; CASTILHO, R.M.M. de.; BOARO, C.S.F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, v.33, n.2, p. 127-133, 2005.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agroecossistemas da Região de São Carlos, SP. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:329-336, 1998.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO L. C., Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho

Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p. 381–384, 2008.

RAYOL & ALVINO-RAYOL. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Rev. Bras. de Agroecologia**.v.7, p. 104-110.2012

ROBOREDO, D.; MAIA, J.C. de S.; DE OLIVEIRA, O.J. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.30, n.2, p.307-314, 2010

RONCATTO, F.; VIECELLI, C. A. Adubação verde de girassol sobre o desenvolvimento do milho. **Rev. Cultiv. Saber**, v. 2, n. 3, p. 1-6, 2009.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e material orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCADANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da material orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Aprovecuária Oeste, 2006. 304 f.

SILVA, A. P; GIAROLA, N. F. B. Estabelecimento de índice de resistência dos solos para quantificação do grau de coesão. **Anais-Workshop**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju. 2001.p145-157.

SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Rome, FAO, 610p. 1977.

SOUSA, D. M. G. & LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G.; SPEHAR, C. R. et al. Amarantho BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 85-91, 2003.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, v.4, n. 2, p. 131-140, 2008.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; CALDAS, R. C. Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP SOBRE COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 169 - 190.

STORK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, v. 2, p. 283-292, 1991.

TOBAL, F.M. *et al.* Efeitos de preparo do solo e plantas de cobertura na cultura da soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA, 14, Cuiabá, 2002. **Anais...** Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2002, CD ROM.

5. ARTIGO 1: PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLANTAS ANTECEDENTES E PRODUTIVIDADE DE MILHO VERDE EM SISTEMAS DE MANEJO NOS TABULEIROS COSTEIROS DE SERGIPE

Periódico a ser submetido: Pesquisa Agropecuária Brasileira

RESUMO

As alterações provocadas nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos devido aos sistemas de manejo dos solos podem contribuir para a redução na capacidade produtiva das culturas agrícolas nos Tabuleiros Costeiros. Plantas antecedentes aos cultivos agrícolas comerciais, tem como finalidade a proteção e manutenção da qualidade física dos solos porém, são pouco utilizadas nos Tabuleiros Costeiros, sendo necessário conhecer os seus efeitos na produtividade das culturas agrícolas. No estado de Sergipe esta aumentando anualmente a área plantada com milho, sendo a comercialização de espigas verdes uma fonte extra de renda. Neste estudo avaliamos o efeito de sistemas de manejo do solo (plantio direto (PD), cultivo mínimo (CM) e cultivo convencional (CC)) associado a culturas antecedentes: Guandu (*Cajanus cajan* L. (MILLSP)), Milheto (*Pennisetum glaucum* L.), Girassol (*Helianthus annuus* L.), Crotalária (*Crotalaria juncea* L.) na produtividade de milho verde (*Zea mays* L.), em um Argissolo Vermelho Amarelo nos Tabuleiros Costeiros. Maior produtividade de biomassa foi nas parcelas com milheto no sistema de CM. O solo manejado em CM apresentou maiores teores de matéria orgânica (M.O) em g.dm^{-3} nas camadas de 0-10 e de 10-20cm, em todas as parcelas com plantas antecedentes. A maior produtividade de espigas de milho verde foi na associação entre crotalária com CM e Milheto com PD. A maior produtividade em peso de espigas de milho foi na associação de milheto com CM e PD.

Palavras-chave: Plantio direto, *Zea mays*, Sistemas de produção.

ABSTRACT

Título: BIOMASS PRODUCTION OF ANTECEDENTS PLANTS AND PRODUCTIVITY OF CORN IN MANAGEMENT SYSTEMS IN COASTAL PLAINS OF SERGIPE

The changes caused in the chemical, physical and biological properties of soils due to soil management systems can help reduce the productive capacity of agricultural crops in the Coastal Plains. Antecedents plants to commercial crops has as purpose the protection and maintenance of the physical quality of the soil but are not widely used in the Coastal Plains Region, being necessary to know its effects on crop yield. In the state of Sergipe is annually increasing the area planted with corn and the marketing of green ears an additional source of income. This research we evaluated the effect of soil management systems (no tillage (NT), minimum tillage (MT) and conventional tillage (CT)) associated with antecedents cropping: Guandu (*cajan*L. Millsp), millet (*Pennisetum glaucum* L.), Sunflower (*Heliathus annuus* L.) and Sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) in green corn productivity (*Zea mays* L.) in a Red-Yellow Argisol in the Coastal Plains Region. Higher productivity of biomass was in the plots with millet in the MT system. The soil managed in MT showed higher levels of organic matter (O.M) in g.dm^{-3} at 0-10 and 10-20cm in all plots with antecedent's plants. The highest productivity of green ears of corn was in the association between sunnhemp with MT and among millet with NT. The highest weight of ears of corn was in the millet association with MT and NT.

Key-words: no-tillage, zea mays, systems production.

5.1. Introdução

A agricultura praticada em tabuleiros costeiros necessita de cuidados quanto a conservação dos solos, visando a manutenção da sustentabilidade econômica da atividade e garantindo a segurança alimentar dos agricultores locais. A atividade agrícola, com o uso intenso de máquinas, pode alterar o solo dificultando com o tempo a produção de alimentos. A qualidade do solo pode interferir negativamente no desenvolvimento e, desta forma, deve ser priorizada a recuperação ou a restauração de áreas degradadas.

A utilização de plantas antecedentes nos cultivos agrícolas comerciais, visa a melhoria da qualidade do solo, do ponto de vista das propriedades físicas, químicas e biológicas. Para Steenwerth e Belina (2008) as plantas de cobertura proporcionam vários benefícios aos ecossistemas agrícolas, como a diminuição da erosão do solo, o aumento da infiltração da água no solo, retenção de nutrientes. Segundo Leite *et. al.*, (2003), esses benefícios decorrem do aumento da porosidade do solo, redução do impacto da energia da gota de água sobre a superfície do solo e aumento da matéria orgânica.

A utilização de plantas para a produção de resíduos vegetais deve priorizar benefícios ao ambiente com contínua melhoria da qualidade do solo, garantindo a sustentabilidade do sistema. Fatores como o tipo do solo e a disponibilidade de água podem limitar a implantação de culturas antecedentes a serem utilizadas para a produção de biomassa diminuindo a cobertura

do solo. Portanto, a escolha de espécies vegetais adaptadas ao clima da região e de desenvolvimento rápido é muito importante.

A dinâmica de decomposição do material de cobertura é importante para otimização da semeadura direta (BOER *et al.*, 2008). A decomposição dos resíduos vegetais é dependente das condições ambientais, da natureza, qualidade e quantidade produzida do material. Para Alvarenga *et al.*, (2001), o ambiente influencia a decomposição pela variação da fertilidade e pH do solo, temperatura e pluviosidade. A relação C/N do material também influencia na velocidade decomposição dos resíduos.

O sistema de plantio direto é uma alternativa viável de manejo que interfere de forma positiva nas propriedades do solo. Melhora a quantidade de matéria orgânica e protege o solo da erosão. A lenta decomposição dos resíduos e a quantidade de biomassa, cria um ambiente favorável a estruturação do solo. Segundo Cruz *et. al.*, (2002), deve haver a cobertura do solo e a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada que nunca deverá ser inferior a 4,0 Ton.ha⁻¹ de fitomassa seca.

O Cultivo Mínimo que é caracterizado pela mínima manipulação do solo necessária para o desenvolvimento de culturas (SILVA, 2011), pois não é realizada a aração, mas apenas uma ou duas gradagens. No Sistema Convencional, se utiliza de implementos agrícolas intensivamente, como o uso de arado de disco e grade niveladora para proporcionar ao solo condições adequadas para a semeadura da cultura comercial. Para Cruz *et al.* (2006), as operações de manejo de solo visam adequá-lo ao plantio, podendo ajudar no controle de plantas invasoras e controle de erosão.

No Nordeste do Brasil, os estudos são raros, especificamente na região dos Tabuleiros Costeiros, na qual há pouca informação a respeito da adaptabilidade e uso da tecnologia de cobertura morta sobre o solo como alternativa nos sistemas de produção agrícola (SOUZA *et al.*, 2008). Mesmo assim, destacaram o uso do Guandu (*Cajanus Cajan* L. (MILLSP)), Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), Milheto (*Pennisetum glaucum* L.), Amaranthus (*Amaranthus cruentus*), Eleusine (*Eleusine coracana*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) e Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de biomassa de diferentes plantas antecedentes: milheto (*Pennisetum glaucum* L.), Guandu (*Cajanus Cajan* L. (MILLSP)), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) e os efeitos na produtividade de espigas de milho verde sob diferentes sistemas de manejo de solo em Argissolo Vermelho Amarelo de Tabuleiros Costeiros.

5.2. Material e Métodos

5.2.1.Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Campus Rural do Centro de Ciências Agrárias – CCAA da Universidade Federal de Sergipe – UFS, localizado na porção central da região fisiográfica do Litoral, no município de São Cristóvão –SE, a 15 Km de Aracaju, cujas coordenadas geográficas de Greenwich são de 10° 19' S de latitude, 36°39' O de longitude, com uma altitude de 22 m acima do nível do mar.

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico, com horizonte B textural, A moderado franco arenoso, conforme Embrapa (2013). O clima é, de acordo com a classificação de *Koppen*, do tipo As', Tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1200 mm anuais com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro.

As áreas com os diferentes sistemas de manejo foram instaladas no ano de 2001 e desde então, vem sendo conduzido para a avaliação do comportamento dos sistemas de manejo de solo (cultivo convencional – CC, cultivo mínimo – CM e plantio direto – PD) e das plantas antecedentes à cultura do milho (*Zea mays* L.). A variedade de milho utilizada é o Biomatrix BM 3061. As espécies que foram utilizadas antecedendo ao milho foram: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L. (MILLSP)), girassol (*Helianthus annus* L.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.).

Em cada bloco fez-se o controle da vegetação espontânea, ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento. A irrigação foi realizada por aspersão convencional.

5.2.2.Caracterização química do solo

A amostragem do solo foi realizada antes do plantio das plantas antecedentes nas camadas de 0 – 10 e de 10 – 20 cm para caracterização química e física (granulometria) realizada no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA (Tabela 5.1), de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

5.2.3.Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em esquema de faixas experimentais (PIMENTEL-GOMES, 1990) com três repetições dispostas em blocos, sendo os tratamentos de manejo de solodispostos como faixas e os de sucessão de culturas em parcelas distribuídas ao acaso (Figura 5.1). As parcelas possuem área total de 60 m² (6 x 10 m). As parcelas

Tabela 5.1. Resultado da análise química do solo realizada na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.

Sistemas de Manejo		Parâmetros avaliados									
		pH	P	M.O	K	Ca	Mg	Al	H+AL	T	V
CC	P1	4,97	32,99	1,23	62,83	0,68	0,22	0,37	2,92	3,98	26,74
	P2	5,00	24,03	1,09	47,50	0,77	0,22	0,36	3,17	4,28	27,25
CM	P1	4,85	43,79	1,64	63,17	0,78	0,20	0,38	3,66	4,93	24,11
	P2	4,78	43,38	1,88	70,83	0,87	0,26	0,34	4,44	5,52	27,01
PD	P1	4,98	26,76	1,13	35,83	0,73	0,27	0,43	2,95	4,05	28,23
	P2	4,88	26,35	1,05	39,00	0,68	0,25	0,35	2,77	3,79	23,64

P1= Profundidade 0 -10cm, P2= Profundidade 0 – 20cm; CC= Cultivo Convencional, CM= Cultivo Mínimo, PD= Plantio Direto; pH em H₂O, P em mg.dm⁻³, MO em g.dm⁻³, K, Ca, Mg, Al, H+Al e T em cmol.dm⁻³, V em %.

Croqui do experimento de Campo

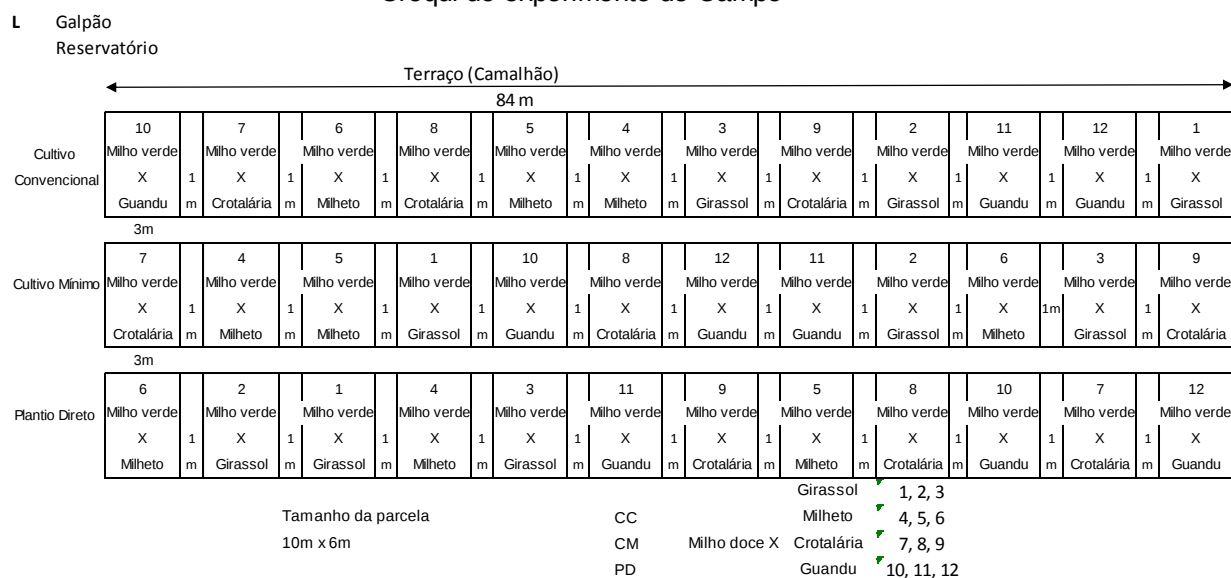


Figura 5.1. Disposição dos sistemas de cultivo e plantas antecedentes na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.

5.2.4. Etapas e coletas de dados

Os dados de matéria orgânica, foram obtidos juntamente com os dados da análise química do solo nas camadas de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm. Quando as plantas antecedentes atingiram a idade de 90 dias, foi realizada a amostragem para a quantificação da biomassa vegetal. Utilizou-se um gabarito de 0,70 m x 1,0m para delimitação da área de corte das plantas que foram pesadas e secas em estufa até que atingissem peso constante. Logo após o corte, foi efetuada a incorporação do material vegetal ao solo por meio de aração e gradagem no CC, gradagem no CM e dessecação no PD.

Com quinze dias da incorporação e dessecação das plantas antecedentes, o milho foi semeado com uma plantadeira pneumática Jumil, modelo POP EX 2670. O espaçamento

adotado foi o de 0,80m entre fileiras e 0,20m entre plantas, apresentando uma densidade equivalente a 62.500 plantas.ha⁻¹. A adubação e acalagem foram feitas de acordo com a análise química do solo, segundo recomendações técnicas.

Quando o milho estava na fase “R2” (grão pastoso) com cerca de 90 dias, foram realizadas as amostragens de produtividade nos parâmetros de número de espigas (NE), e peso das espigas comerciais (PEC) relacionados com cada sistema de manejo de dentro das parcelas úteis. Para esta prática, foram separadas, por meio de marcações, as plantas que se encontram próximas às bordas da parcela, até 0,90 m. Foram retiradas as espigas da área útil interna de 34,44 m² das parcelas experimentais.

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o programa SISVAR (Ferreira,2008) de análise estatística, efetuando a comparação de médias e prova de significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3. Resultados e Discussão

Houve diferença estatística para as plantas antecedentes e os sistemas de manejo do solo. Dentro do sistema CC apenas o guandu apresentou menor valor de produção de massa seca, não diferenciando do girassol e crotalária. Em CM, guandu, girassol e crotalária não diferiram entre si, ficando o miheto com a maior produção de biomassa. No PD, a crotalária foi semelhante ao milheto mas não diferiu de girassol e guandu (Tabela 5.2).

Tabela 5.2. Produtividade de matéria seca (Kg.ha⁻¹), de diferentes espécies vegetais utilizadas como plantas antecedentes ao plantio do milho em diferentes sistemas de manejo do solo. São Cristóvão, Sergipe.

Plantas			
Antecedentes	Cultivo Convencional	Cultivo Mínimo	Plantio Direto
Guandu	1.500,00 b B ¹	7.619,00 b B	2.238,14 b B
Girassol	5.666,57 ab B	4.904,71 b B	3.333,28 b B
Crotalária	5.738,00 ab B	5.476,14 b B	5.952,28 ab B
Milheto	10.095,14 a B	17.523,71 a A	12.095,14 a AB
CV	45,90 %		

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letras maiúsculas na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

As plantas antecedentes apresentaram produção de matéria seca adequada para a região, especialmente o milheto, que teve rendimento superior a 17 e 12 ton.ha⁻¹ de massa seca no CM e PD, respectivamente. O milheto é uma planta amplamente distribuída pelo Brasil, devido a facilidade de plantio e adaptação às condições climáticas, com destaque para a tolerância à seca, crescimento rápido, grande capacidade deciclagem de nutrientes, alta produção de biomassa,

boa adaptação a diferentes níveis de fertilidade, sistema radicular profundo e abundante, resistência a pragas e doenças (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Trabalhos relacionados a produção de biomassa de milheto, relatam produções de massa seca de 9.650 kg. há⁻¹ (MORAES, 2001), 14.180 kg.ha⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2002) em cultivos de verão no estado de Minas Gerais. Na condição de safrinha, foram obtidos 3.600 kg.ha⁻¹ (TORRES *et al.*, 2005) e 2.900 kg.ha⁻¹(TEIXEIRA *et al.*, 2005). Segundo Nunes *et al.*, (2006), a quantidade mínima de palhada necessária pra a cobertura do solo em sistema de plantio direto deve ser de 6.000 kg.ha⁻¹. Neste estudo, apenas o cultivo de milheto, para os três sistemas e guandu no CM superou este valor de produção de biomassa.

Sob condições de Argissolo de Tabuleiros Costeiros, evidencia-se que o milheto produz grande quantidade de biomassa podendo contribuir para a sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos. O uso de plantas como o milheto, atecedendo os cultivos comerciais, visa a retirada de nutrientes de camadas subsuperficiais e sua posterior liberação na superfície do solo.

Estudando a biomassa de crotalária, Bertin *et al.*, (2005), registraram valores de 4,79 ton.ha⁻¹. Em nosso estudo as parcelas com crotalária apresentaram valores de biomassa seca superiores e estatisticamente semelhantes entre os sistemas de manejo de solo. Demonstrando que a diferença entre os sistemas de manejo do solo não influenciou a produção de biomassa seca para a crotalária. Da mesma forma que as parcelas com crotalária, parcelas com girassol nos três sistemas de manejo do solo, apresentaram valores de biomassa equivalentes, com a produção de biomassa no sistema convencional ligeiramente superior aos demais sistemas.

Quanto ao teor de matéria orgânica (M.O) no solo, por ocasião da colheita do milho, verificou-se diferenças estatísticas significativas ($P < 5\%$) entre as parcelas com as diferentes plantas antecedentes sob os diferentes sistemas de manejo do solo, nas duas profundidades amostradas (Tabela 5.3).

Para as camadas entre 0 - 10 cm, observa-se que não houve diferença estatística para as parcelas com crotalária e guandu nos três sistemas de manejo do solo. Diferindo apenas para as parcelas com girassol e milheto para CM e PD.

Nas camadas entre 10 – 20 cm, observou-se que a maior quantidade de matéria orgânica no solo foi observada para as parcelas com crotalária, girassol e guandu em CM. Para as parcelas com milheto não houve diferença entre o CC e CM, embora o CM foi superior ao PD. Essa diferença está associada a alta produção de biomassa pelas plantas no cultivo mínimo que é incorporada em pouca profundidade, permitindo altos teores de M.O nas duas camadas de solo, diferente do PD, onde a palhada é deixada na superfície do solo e a segunda camada

apresenta-se com baixos teores de matéria orgânica devido ao não revolvimento do solo com incorporação de resíduos vegetais.

Tabela 5.3. Teor de matéria orgânica no solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm em função do cultivo de plantas antecedentes sob manejos do solo. São Cristóvão. Sergipe.¹

Plantas Antecedentes	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
Crotlária	12,60 aA ¹	11,1 bA	17,16 aA	18,33 aA	16,40 aA	11,10 bA
Girassol	11,80 bA	10,36 bA	16,76 aA	16,00 aA	12,2 abA	8,90 bA
Guandu	13,73 aA	11,43 bA	17,93 aA	17,20 aA	16,43 aA	11,13 bA
Milheto	11,06 bA	10,73 abA	18,33 aA	14,06 aA	13,70 abA	8,60 bA
CV	17,68%					

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, dentro de cada camada nos diferentes sistemas de manejo e letras maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

CC – Cultivo Convencional; CM – Cultivo Mínimo; PD – Plantio Direto

A M.O não apresentou diferença estatística entre as plantas de cobertura dentro de cada camada de solo sob o mesmo sistema de manejo de solo. As parcelas de plantas antecedentes no sistema de cultivo mínimo apresentaram-se com maiores valores de M.O em relação às demais nas duas camadas de solo amostradas. Podendo haver uma relação com a alta produção de biomassa produzida.

Em relação a produtividade de milho verde, os resultados evidenciam uma diferença significativa em relação à produtividade de número de espigas (NE) em unidades e peso de espigas (PEC) em kg.ha⁻¹ de milho verde. Numericamente, foi observado que a maior produtividade de espigas de milho em peso, ocorreu em parcelas cultivadas em PD com milheto antecedente, sendo superior ao CC (Tabela 5.4).

Essa maior quantidade de espigas de milho pode estar associada a um maior estande de plantas que pode ser favorecido por melhores condições proporcionadas pelo sistema para germinação e emergência das plântulas de milho. No sistema CC percebeu-se a formação de encrostamento na superfície do solo, o que pode ter contribuído para a menor emergência e formação do estande de plantas, além da competição com plantas infestantes.

Segundo Souza *et. al.*, (2007), o encrostamento influencia significativamente a partição da água que chega a superfície do solo, afeta o balanço hídrico dos solos em muitas regiões tropicais e subtropicais, sendo responsáveis pela diminuição da infiltração da água no solo e pelo aumento do escoamento superficial das águas provenientes das chuvas e irrigação potencializando os processos erosivos.

Essa maior quantidade de espigas de milho pode estar associada a um maior estande de plantas que pode ser favorecido por melhores condições proporcionadas pelo sistema para germinação e emergência das plântulas de milho. No sistema CC percebeu-se a formação de

encrostamento na superfície do solo, o que pode ter contribuído para a menor emergência e formação do estande de plantas, além da competição com plantas infestantes.

Tabela 5.4. Produtividade média do número e peso das espigas de milho em função do cultivo de plantas antecedentes sob manejos do solo. São Cristóvão. Sergipe.

Plantas Antecedentes	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	NE	PEC	NE	PEC	NE	PEC
	kg.ha ⁻¹		kg.ha ⁻¹		kg.ha ⁻¹	
Crotlária	14.351a ¹	3.807a	17.592a	4.733a	17.245a	5.520a
Girassol	19.675a	5.127a	14.351a	4.641a	22.916a	7.187a
Guandu	19.791a	5.358a	28.009a	6.782a	20.370a	6.550a
Milheto	10.648b	3.159b	24.537ab	6.689a	27.662a	8.275a
CV	13,29 %					

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

CC – Cultivo Convencional; CM – Cultivo Mínimo; PD – Plantio Direto; NE – número de espigas comerciais; PE – Peso de espigas de milho.

Segundo Souza *et. al.*,(2007), o encrostamentoinfluencia significativamente a partição da água que chega a superfície do solo, afeta o balanço hídrico de solos em muitas regiões tropicais e subtropicais, sendo responsáveis pela diminuição da infiltração da água no solo e pelo aumento do escoamento superficial das águas provenientes das chuvas e irrigação potencializando os processos erosivos.

Outros trabalhos tiveram resultados semelhantes como, Freddi *et. al.*, (2006), trabalhando com produtividade de milho e resistência mecânica sob manejo convencional, observaram produtividade acima de 5.600 kg.ha⁻¹ de espigas de milho. Albuquerque *et. al.*, (2008), observaram variação entre 3.188 kg.ha⁻¹ a 7.086kg.ha⁻¹ de espigas empalhadas, trabalhando com variedades comerciais sob cultivo convencional.

O cultivo mínimo apresentou rendimento em peso de espigas de milho, superior ao cultivo convencional, indicando que o menor revolvimento do solo aliado a uma cultura de alta produção de biomassa, pode apresentar bom resultado produtivo. Do ponto de vista financeiro o produtor rural pode optar pelo manejo com menor revolvimento do solo.

O sistema de PD foi eficiente, evidenciando que o milho cultivado obteve maior quantidade de espigas e estas com maior peso em relação aquelas produzidas nos demais sistemas. Resíduos vegetais mantidos na superfície do solo são importantes para a qualidade do solo, além da melhoria da atividade microbológica. Parcelas com o cultivo de milheto podem ter sido favorecidas pelo aumento da relação C/N, devido a lenta decomposição da palhada e disponibilidade de Nitrogênio. Para Fageria e Stone(2004) Esses benefícios resultam num ambiente adequado para a produção de alimentos de forma sustentável sem o comprometimento da atividade agrícola.

Comparando-se os sistemas CC e PD, observa-se que plantio direto apresentou maior produtividade de PEC que o CC, independentemente do tipo de planta antecedente utilizada. Pode-se dizer que as condições proporcionadas pelo plantio direto ao solo contribuem para uma boa produtividade de espigas comerciais. Para Silva *et al.* (2007), técnicas de manejo e o sistema de semeadura direta são ideias para o aumento no rendimento de grãos, sem a elevação de custos. Dentre as técnicas, o uso de espécies para a cobertura do solo com capacidade de fixação e reciclagem de nutrientes conferem maior proteção ao solo.

Entre as leguminosas avaliadas, as parcelas com guandu antecedente proporcionaram melhor produtividade em relação as parcelas com crotalária nos três sistemas de manejo. Em parcelas com cultivo de girassol, a maior produtividade foi observada em PD. Isso indica que o girassol é eficiente para uso em antecedência de cultivos comerciais em sistemas conservacionistas.

5.4. Conclusões

1. A utilização de milheto como planta antecedente para a produção de biomassa foi maior no sistema de Cultivo Mínimo.
2. Os maiores teores de matéria orgânica no solo em g.dm^{-3} , para todas as plantas antecedentes, foram observados em sistema de Cultivo Mínimo.
3. A associação de crotalária com CM e Milheto com PD, produziu maior quantidade de espigas de milho.
4. O maior peso de espigas de milho se deu em parcelas cultivadas sob CM e PD associadas com milheto.

5.5. Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 25-36. 2001.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R.. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e Comerciais. **Biosci. J.**, v. 24, n. 2, p. 69-76 , 2008.
- BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 03, p. 379-386, 2005.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L., CARGNELUTTI FILHO; A.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 843 – 851, 2008.
- CRUZ, J.C, ALVARENGA, R.C, NOVOTNY, E.H, PERREIRA, F.S, PEREIRA,F.T.F.; HERNANI,L.C. **Cultivo do Milho: Sistema de Plantio Direto**, Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, 2002.
- CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.M.; NOVOTNY, E.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANATANA, D. P.; PEREIRA, F. T.F.; HERNANI, L.C. **Manejo de solos**.Sistemas de Produção, v.1. 2 ed.,2006.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2 ed, 2009. 627p.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 73-78, 2004.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística.**Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P; JÚNIOR, V. V; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 1-12. 2006.
- LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRICHI, M. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no Vale do Ribeira. **Biosci. J.**, v. 28, n. 5, p. 709-717, Sept./Oct. 2012.
- LEITE, L. F. C; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; MATOS, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red- Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal Soil Research**, v. 41, p. 717-730, 2003.

MORAES, R. N. S. Decomposição de palhada de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. (Dissertação de Mestrado).

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Covering crops straw production and common bean productivity in no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 1079 – 1087, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1987a. 160p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, P. R. S.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciencia. Rural** v. 37, n. 4, p. 1-14, 2007.

SILVA, A.C.F. **Plantio direto, cultivo mínimo e cobertura viva e morta no plantio de hortaliças**. 2011. Disponível em: <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com/2011/05/plantio-direto-cultivo-minimo-e.html>> Acesso em: 25 de junho de 2012.

SOUZA, E. S. Efeito do encrostamento superficial nas propriedades hidráulicas de um solo cultivado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v. 2, n. 1, p. 69-74, 2007.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, v.4, n. 2, p. 131-140, 2008.

STEENWERTH, K.; BELINA, K. M. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. **Applied Soil Ecology**, v. 40, p. 359-369, 2008.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ci. Agrotec.**, v. 29, p. 93-99, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

6. ARTIGO 2: AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE UM ARGISSOLO CULTIVADO COM PLANTAS ANTECEDENTES AO MILHO SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

Periódico a ser submetido: Revista Ciencia Rural
RESUMO

Culturas agrícolas na região de Tabuleiros Costeiros em Sergipe podem ter a produtividade diminuída devido a presença de horizontes coesos no solo, que dificultam a infiltração de água e o aprofundamento do sistema radicular. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da densidade do solo e a resistência mecânica à penetração de um Argissolo Vermelho Amarelo na região de Tabuleiros Costeiros, cultivado com quatro tipos de plantas antecedentes ao milho em três sistemas de manejo do solo. As plantas antecedentes foram: Guandu (*Cajanus cajan* L. (MILLSP)), Milheto (*Pennisetum glaucum* L.), Girassol (*Helianthus annuus* L.) e Crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Quando as plantas antecedentes atingiram os 90 dias, foram incorporadas ao solo ou dessecadas, de acordo com o sistema de cultivo (CC – cultivo convencional, CM – cultivo mínimo, PD – plantio direto). O milho foi cultivado com plantadeira pneumática para os três sistemas de manejo e a colheita das espigas verdes foi aos 90 dias após o plantio quando encontravam-se verdes e em tamanhos comerciais aceitáveis. A compactação do solo foi medida pela densidade do solo (Ds) e resistência mecânica à penetração (RMP) até 20 cm de profundidade. A Ds foi maior em CC nas parcelas com plantio de guandu. Menores valores de RMP foram observados em PD, nas camadas 10 – 15 cm e 15 – 20 cm com todas as plantas antecedentes. O cultivo de girassol em PD apresentou menores valores de RMP na camada 10 15 cm.

Palavras-chave: Sistemas de cultivo; *Zea mays*; Penetração do solo, Densidade do solo, compactação

ABSTRACT

Title: COMPACTATION ASSESSMENT OF A ARGISOL GROWING WITH ANTEDEEDENTS PLANTS TO CORN UNDER DIFFERENT SOIL MANAGERMENTS

Agricultural crops in the Coastal Plains region in Sergipe may have decreased productivity due to the presence of cohesive horizons in the soil, which hinder water infiltration and the deepening of the root system. The objective of this study was to evaluate the behavior of soil density and the mechanical penetration resistance of a Red-Yellow Argisol in the Coastal Plains region, cultivated with four types of antecedent plants to the corn in three soil management systems. The antecedent plants were the Guandu (*Cajanus cajan* L. (MILLSP)), millet (*Pennisetum glaucum* L.), Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.). When the antecedent plants reached 120 days, were incorporated into the soil or desiccated, according to the cropping system (CC - conventional cultivation MT - minimum tillage, NT - no tillage). The corn was cultivated with pneumatic planter for the three management systems and the harvesting of green ears was at 90 days after planting when they found up green and on acceptable commercial sizes. Soil compaction was measured by bulk density (Bd) and mechanical penetration resistance (MPR) up to 20 cm deep. The Bd was higher in CC in the plots with planting pigeon pea. MPR smaller values were observed in NT, the layers 10-15 cm and 15 - 20 cm with all antecedent plants. Sunflower cultivation in NT had lower MPR values in the layer 10 15 cm.

Key-words: Growing Systems, *Zea mays* , Soil Penetration, Bulk density

6.1. Introdução

Pesquisas na área agrícola buscam a melhoria na relação entre ambiente e a produção de alimentos. A união destas características visa o aumento da sustentabilidade dos sistemas agrícolas em regiões que podem apresentar problemas na produtividade devido a características ambientais como aquelas intrínsecas do tipo de solo. O monitoramento constante de áreas cultivadas objetiva avaliar as variações ambientais e seus efeitos na produção de alimentos.

Cultivos na região de Tabuleiros Costeiros podem apresentar problemas devido a presença de horizontes coesos no solo, que reduzem a profundidade efetiva limitando a percolação de água no perfil e, principalmente o aprofundamento do sistema radicular (SOUZA *et. al.*, 2001). Segundo Gomes *et al.*, (2009), a sustentabilidade na agricultura é baseada nos fatores físicos, químicos, microbiológicos e econômicos.

O preparo correto do solo deve ser uma alternativa viável do ponto de vista financeiro e principalmente ecológico. De acordo com as formas de preparo do solo o manejo pode ser: Cultivo Mínimo (CM) que envolve a mínima manipulação do solo necessária para o desenvolvimento das culturas (SILVA, 2011), Plantio Direto (PD) que não envolve manipulação do solo, e o Cultivo Convencional (CC) que emprega técnicas agrícolas como a aração e gradagem. Para Alvarenga *et. al.*, (2006), as operações de manejo de solo visam adequá-lo ao plantio, podendo ajudar no controle de plantas invasoras e controle de erosão.

Richardet. *al.*, (2005) enfatiza que algumas práticas de uso e manejo do solo e de culturas provocam alterações em atributos do solo, que podem ser permanentes ou temporários. Esses atributos são, parcialmente relacionados a propriedades e processos físicos do solo. Estes processos físicos são influenciados pelo grau de compactação do solo (SEQUINATTO *et. al.*, 2012). A compactação do solo pode influenciar na qualidade da água, reduzir o crescimento das culturas e aumentar os processos erosivos. Segundo Ralisch *et. al.*, (2008), o nível de compactação do solo pode ser avaliado pela densidade e a resistência mecânica do solo à penetração.

Para Doran (2008), a densidade do solo é o principal atributo físico alterado, quando se migra do sistema convencional de preparo do solo para o sistema de cultivo mínimo ou plantio direto. A densidade do solo aumenta em função da intensidade do tráfego das máquinas na sua superfície. O emprego contínuo de máquinas e implementos pode alterar a física do solo necessitando de monitoramento ao longo das camadas coesas, afim de identificar as variações de resistência a penetração.

Desta forma, é importante o estudo da associação entre plantas antecedentes e sistemas manejos de solo para o cultivo de milho e seus efeitos na densidade e na variação da resistência mecânica à penetração (RMP), que são indicadores da condição física do solo.

6.2. Material e Métodos

6.2.1. Caracterização da área

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Campus Rural do Centro de Ciências Agrárias – CCAA da Universidade Federal de Sergipe – UFS, localizado na porção central da região fisiográfica do Litoral, no município de São Cristóvão –SE, a 15 Km de Aracaju, cujas coordenadas geográficas de Greenwich são de 10° 19' S de latitude, 36°39' O de longitude, com uma altitude de 22 m acima do nível do mar.

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico, com horizonte B textural, A moderado franco arenoso, conforme Embrapa (2013). O clima é, de acordo com a classificação de *Koppen*, do tipo As', Tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1200 mm anuais com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro.

A área foi implantada no ano de 2001 e desde então, vem sendo conduzido para a avaliação do comportamento dos sistemas de manejo de solo (cultivo convencional – CC, cultivo mínimo – CM e plantio direto – PD) e das plantas antecedentes à cultura do milho (*Zea mays* L.). A variedade de milho utilizada é o Biomatrix BM 3061. As espécies que foram

utilizadas antecedendo ao milho foram: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L. (MILLSP)), girassol (*Helianthus annuus* L.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.). Em cada bloco fez-se o controle da vegetação espontânea, ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento. A irrigação foi realizada por aspersão convencional.

6.2.2. Caracterização química do solo

A amostragem do solo foi realizada antes do plantio das plantas antecedentes nas camadas de 0 – 10 cm e de 10 – 20 cm para caracterização química e física (granulometria) realizada no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA (Tabela 6.1), de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (2013).

Tabela 6.1. Resultado da análise química do solo realizada na área do experimento no município de São Cristóvão, Sergipe.

Sistemas de Manejo		Parâmetros avaliados									
		pH	P	M.O	K	Ca	Mg	Al	H+AL	T	V
CC	P1	4,97	32,99	1,23	62,83	0,68	0,22	0,37	2,92	3,98	26,74
	P2	5,00	24,03	1,09	47,50	0,77	0,22	0,36	3,17	4,28	27,25
CM	P1	4,85	43,79	1,64	63,17	0,78	0,20	0,38	3,66	4,93	24,11
	P2	4,78	43,38	1,88	70,83	0,87	0,26	0,34	4,44	5,52	27,01
PD	P1	4,98	26,76	1,13	35,83	0,73	0,27	0,43	2,95	4,05	28,23
	P2	4,88	26,35	1,05	39,00	0,68	0,25	0,35	2,77	3,79	23,64

P1= Profundidade 0 – 10cm, P2= Profundidade 0 – 20cm; CC= Cultivo Convencional, CM= Cultivo Mínimo, PD= Plantio Direto; pH em H₂O, P em mg.dm³, M.O em g.dm⁻³, K, Ca, Mg, Al, H+Al e T em cmol.dm⁻³, V em %.

6.2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em esquema de faixas experimentais (PIMENTEL-GOMES, 1990) com três repetições dispostas em blocos, sendo os tratamentos de manejo de solodispostos como faixas e os de sucessão de culturas em parcelas distribuídas ao acaso (Figura 6.1). As parcelas possuíam área total de 60 m² (6 x 10 m). As parcelas

Croqui do experimento de Campo

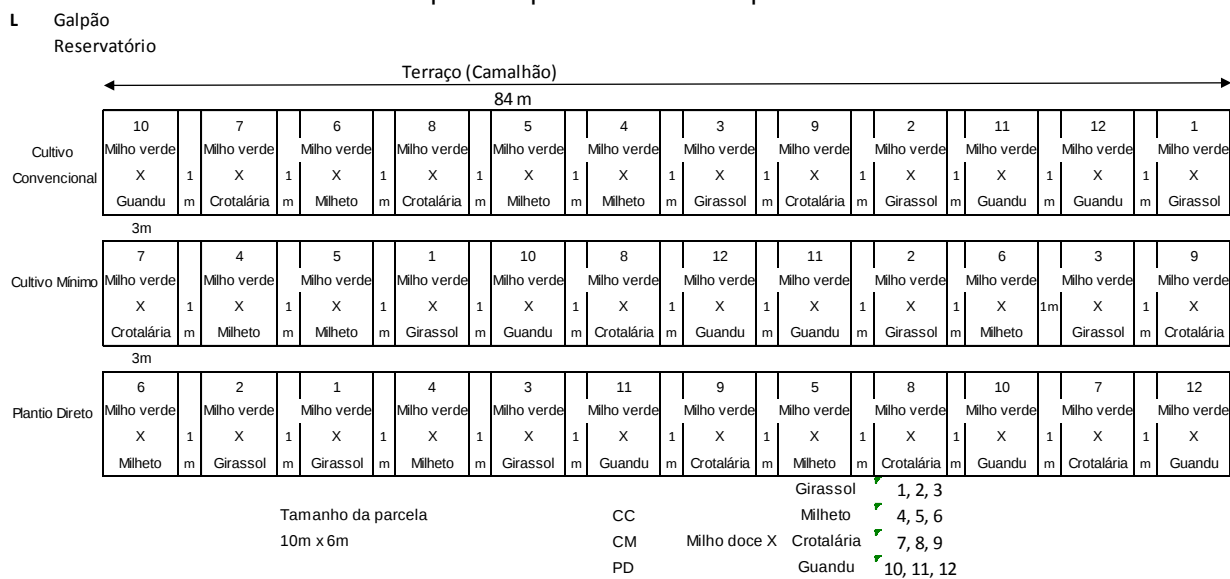


Figura 6.1. Disposição dos sistemas de cultivo e plantas antecedentes na área do experimento

6.2.4. Etapas e Amostragens físicas do solo

As diferentes plantas antecedentes foram plantadas com o auxílio de plantadeiras do tipo matraca com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,5 entre fileiras. Quando as plantas antecedentes atingiram a idade de 90 dias, foi efetuada a incorporação do material vegetal ao solo por meio de aração e gradagem no CC, gradagem no CM e dessecação no PD.

Após quinze dias da incorporação e dessecação das plantas antecedentes, o milho foi semeado com uma plantadeira pneumática Jumil, modelo POP EX 2670. O espaçamento adotado foi o de 0,80m entre fileiras e 0,20m entre plantas, apresentando uma densidade final de equivalente a 62.500 plantas.ha⁻¹. A adubação e acalagem foram feitas de acordo com a análise química do solo, segundo recomendações técnicas.

Para avaliação da qualidade física do solo empregou-se dois parâmetros – a densidade do solo (Ds) e a resistência mecânica à penetração (RMP). A Ds foi obtida em três avaliações por parcela, nas profundidades de 0 – 10 cm e 10-20 cm, e utilizou-se o método do Anel volumétrico, conforme EMBRAPA (1997). A umidade foi determinada por ocasião da análise de Ds. Para a determinação da RMP foi utilizado um Penetrômetro Eletrônico, modelo Falker SoloTrack PLG 5200, com a leitura até a profundidade de 40 cm, em seis medições por parcela e resultados em MPa.

A partir da medição da RMP e análise dos resultados obtidos, os dados foram plotados em gráficos de acordo com o tipo de manejo de solo adotado no bloco e o tipo de cultura antecedente, relacionando Pressão (MPa) e profundidade (cm).

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2008) de análise estatística, efetuando a comparação de médias e prova de significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3. Resultados e Discussão

6.3.1. Densidade do Solo

A umidade do solo foi quantificada, para a determinação da Ds e os valores, em porcentagem, mostrados de acordo com o tipo de sistema de manejo do solo (Figura 6.2).

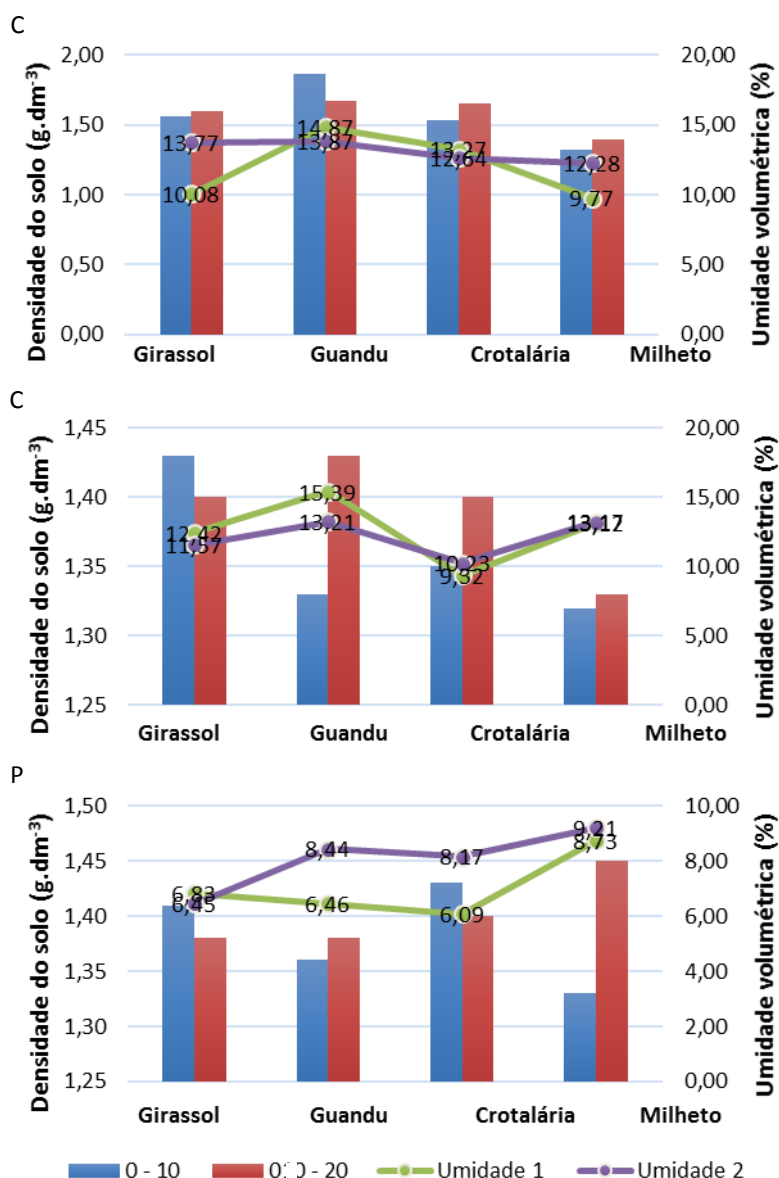


Figura 6.2. Umidade do solo nos três sistemas de cultivo de acordo com as plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amarelo. São Cristóvão, Sergipe.

As densidades na camada entre 0 – 10cm diferiram significativamente apenas para solo manejado no sistema de cultivo convencional e cultivado com guandu (Tabela 6.2). Na segunda camada (10 – 20 cm), não houve diferenças significativas. Para Beulter e Centurion (2004), estudando a compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja em um latossolo Vermelho, verificaram que a Ds variou de 1,70 a 1,76 g.dm⁻³ em profundidades de 0,02 a 0,18 cm. Valores críticos de densidade do solo são variáveis e dependetes da textura do solo. Corsini e Ferraud (1999) consideram que o índice crítico ao desenvolvimento radicular em solos arenosos é de 1,75 g cm⁻³, e em argilosos de 1,27 g cm⁻³

As parcelas cultivadas com girassol, guandu e crotalária em CC, apresentaram maiores valores de Ds que outras parcelas com as mesmas culturas em outros sistemas de manejo de solo. Durante o cultivo do milho, observou-se a formação de sulcos e poças de água da irrigação na superfície, indicando que a incorporação de resíduos vegetais em profundidade podem ter favorecido o aparecimento de macroporos no solo.

Tabela 6.2. Densidade (g.cm⁻³) de um Argissolo VermelhoAmarelo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, submetido a diferentes sistemas de preparo do solo e culturas antecedentes ao milho. Após 13 anos de condução do experimento.

Culturas Antecedentes	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	0 – 10	10 – 20	0 – 10	10 – 20	0 – 10	10 – 20
Girassol	1,56aA ¹	1,60aA	1,43aA	1,40aA	1,41aA	1,38aA
Guandu	1,87aB	1,67aA	1,33aA	1,43aA	1,36aA	1,38aA
Crotalária	1,53aA	1,65aA	1,35aA	1,40aA	1,43aA	1,40aA
Milheto	1,32aA	1,40aA	1,32aA	1,33aA	1,33aA	1,45aA

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro das profundidades e maiúscula na linha, dentro de cada sistema de preparo do solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em CC e CM, observou-se que a segunda camada do solo onde se plantou crotalária e milheto, apresentou-se com maior densidade que a primeira. Contudo, em CM as densidades apresentam-se menores que em em CM. Em PD, parcelas onde se cultivou guandu e milheto apresentaram a primeira camada com menores valores de Ds. Aumento de Ds pode estar associado a diminuição da porosidade total, acomodação das partículas do solo, além da presença da camada argilosa. Loss (2011), trabalhando com braquiária em plantio direto, obteve resultados semelhantes, atribuindo ao aporte de matéria orgânica, a menor Ds do solo.

A pouca variação da Ds do solo foi semelhante aos resultados de Mazurana *et al.*, (2013), que estudando as propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas, observaram que a densidade do solo (Ds), independentemente da profundidade, não foi alterada pelas condições de manejo.

6.3.2 Resistência Mecânica à Penetração

A camada entre 0 – 5 cm não apresentou diferença entre os sistemas de manejo do solo nas diferentes plantas de antecedentes para resistência mecânica à penetração (Tabela 6.3). Houve diferença a partir da camada entre 5 – 10 cm, onde os maiores valores foram observados no sistema CM e os menores no PD. O CC apresentou-se semelhante ao CM e PD. Nas camadas entre 10 -15 cm e 15- 20 cm, a resistência apresentou-se maior para CC e CM e menor no PD em todas plantas antecedentes. Os dados de umidade gravimétrica estão representados na figura 3 são relacionados com os valores de RMP. Os Valores de umidade Gravimétrica estão na tabela 6.4.

Beulter e Centurion (2004) estudaram a compactação do solo com passadas de grade e verificaram camadas compactadas com resistência à penetração superior a 2,0 MPa para camada entre 7 - 10 cm. Segundo Ralish *et al.*, (2008), em sistemas com revolvimento do solo a camada superficial do solo, favorece a macroporosidade e apresenta resistências à penetração menores que 0,70 MPa a 0,05m de profundidade, sendo os resultados semelhantes aos obtidos por Prado *et al.*, (2002), Tormena *et al.* (2002) e De Maria *et al.* (1999).

Ainda em sistemas de manejo de CC e CM, camadas superiores a 10 cm podem apresentar maior resistência à penetração pela maior mobilização do solo através do uso de máquinas ao longo dos anos caracterizando a formação de uma camada compactada (pé de grade) a uma profundidade entre 10 e 20 cm. Segundo Pedrotti & Mello Júnior (2009) a compactação é causada pela ação do tráfego de máquinas, implementos e outros veículos, durante as operações de preparo, semeadura e tratos culturais e colheita. Bertol *et al.*, (2004), trabalhando com propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas ao campo nativo, também observaram uma camada de maior compactação a partir do 10cm no cultivo convencional.

Em camadas acima de 15 cm, os valores de RMP superou os 2,0 Mpa de pressão apenas para as parcelas cultivadas com leguminosas (crotalária e guandu). Na mesma camada, o sistema CC e CM apresentaram valores superiores a 3,8 MPa. Valores de RMP entre 2,0 e 3,5 MPa podem restringir, ou mesmo impedir o crescimento e o desenvolvimento radicular (MEROTTO E MUNDSTOCK, 1999) e de leguminosas e gramíneas (TORRES E SARAIVA 1999). Para Alvarenga (2002), camadas profundas, não alcançadas pelo arado, vão sendo compactadas sob o peso das máquinas e a matéria orgânica distribuída em toda camada arável, fica diluída e com desestruturação acelerada.

Tabela 6.3. Resistência mecânica do solo à penetração, em MPa, em diferentes profundidades (cm) em três sistemas de manejo e diferentes plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amarelo. São Cristóvão, Sergipe.

Plantas Antecedentes	Cultivo Convencional				Cultivo Mínimo				Plantio direto			
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20
Milheto	0,30aA ¹	1,14abA	2,31bA	3,64bA	0,37aA	1,70bA	2,88bA	3,36bA	0,27aA	0,66aA	1,40aAB	1,80aA
Girassol	0,33aA	1,08abA	2,80bA	3,70bA	0,32aA	1,40bA	2,77bA	3,57bA	0,23aA	0,48aA	1,11aA	1,57aA
Guandu	0,32aA	1,24abA	2,86bA	3,86bA	0,48aA	1,67bA	2,88bA	3,46bA	0,37aA	0,88aA	1,59aAB	2,06aA
Crotalária	0,51aA	1,45abA	2,90bA	3,84bA	0,37aA	1,71bA	3,07bA	3,84bA	0,35aA	1,08aA	1,78aB	2,19aA
CV (%)	17,81											

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, nos diferentes sistemas de manejo, dentro das mesmas profundidades e maiúscula na coluna, para as diferentes plantas, dentro de cada sistema de preparo do solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6.4. Valores de umidade Gravimétrica (kg.kg^{-1}) nas duas camadas amostradas para os três sistemas de manejo e diferentes plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amarelo. São Cristóvão, Sergipe.

Culturas Antecedentes	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
Guandu	0,69	0,59	0,66	0,60	0,36	0,32
Girassol	0,65	0,63	0,90	0,93	0,48	0,36
Milheto	0,61	0,73	0,61	0,73	0,48	0,67
Crotalária	0,63	0,70	0,62	0,81	0,39	0,60

A menor a RMP no PD, em profundidade, deve-se aos restos de vegetais postos sobre o solo, aumentando o teor de matéria orgânica e o não revolvimento do mesmo, favorecendo uma melhor estruturação ao longo dos anos, visto que o experimento foi implantado há treze anos. A prática de rotação de culturas, o acúmulo de biomassa vegetal em cobertura, o não revolvimento do solo, a diminuição do tráfego de máquinas pode contribuir para menor compactação do solo. Menores valores de resistência à penetração podem estar associados à maior porosidade de solo (Boone *et al.*, 1994).

Na figura 6.3, são demonstrados valores variáveis de RMP em relação à profundidade do solo, de acordo com as plantas antecedentes e os sistemas de manejo do solo. Nos primeiros 10 cm de profundidade, onde houve a mobilização do solo, a RMP foi superior a 1,0 MPa enquanto que em PD, apenas nas parcelas com crotalária, superou este valor. Sendo a menor observação em parcelas e PD cultivadas com girassol.

Apesar da grande incorporação de resíduos vegetais, na camada entre 10 – 20 cm, as parcelas cultivadas em CC e CM apresentaram RMP superior a 2,5 MPa em todas as parcelas com diferentes plantas antecedentes. Para Andrade *et al.*, (2009), o uso de plantas de cobertura, principalmente as gramíneas, favorecem a agregação do solo. Nesta camada, segundo Tormena *et al.*, (1998), há a formação do chamado “pé de grade”, que é o acúmulo de cargas dos implementos de preparo do solo e que elevam a RMP a valores superior a 3,0 MPa.

Para o PD observou-se que as parcelas de girassol apresentaram RMP inferior a 2,0 MPa e guandu, milheto e crotalária, menores que 2,5 MPa para a camada entre 10 e 20 cm. As raízes da cultura do girassol podem ter atuado na desagregação do solo e permitido menores valores de RMP. Para Camargo e Alleoni (1997) valores até 2,5 MPa são considerados baixos e apresentam pouca limitação ao desenvolvimento das raízes.

Ralish *et al.*, (2008), obtiveram em área de Plantio Direto com dois anos, valores de RMP acima de 4,0 MPa devido as estruturas mais densas oriundas de sistema convencional. Provavelmente, os menores valores obtidos neste estudo, se deve ao fato de que a semeadura

direta seja realizada nesta área a 13 anos, associando plantas antecedentes que produzem alto volume radicular.

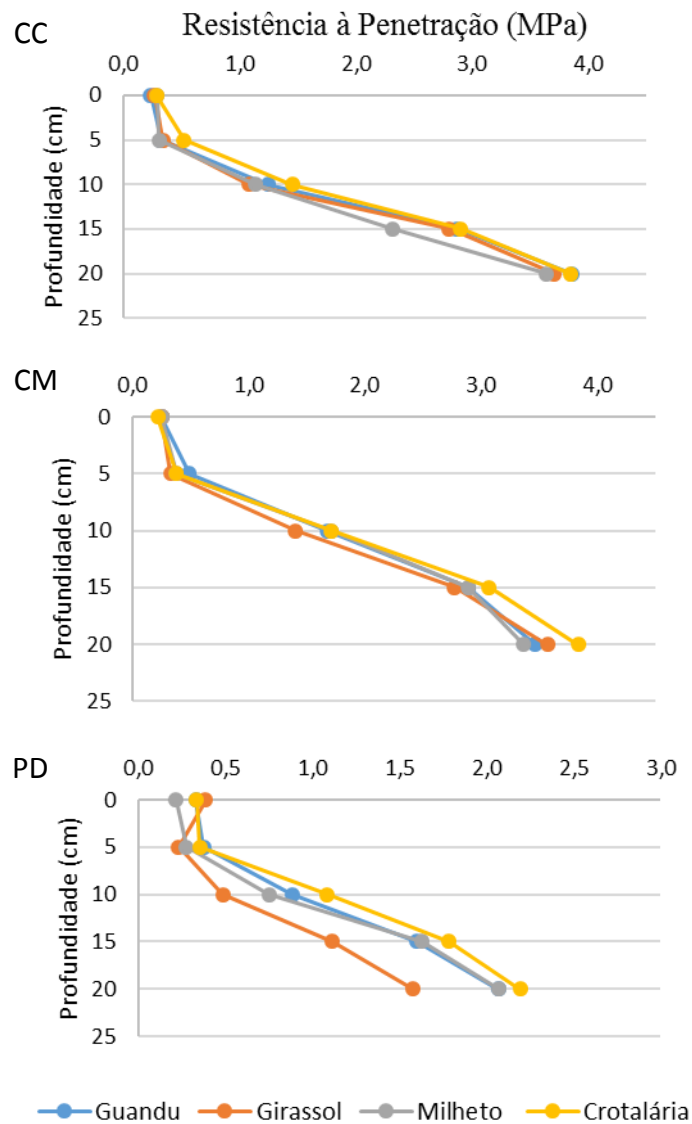


Figura 6.3. Resistência mecânica à penetração em 0 - 20 cm de profundidade, nos três sistemas de manejo do solo de acordo com as plantas antecedentes em um Argissolo Vermelho Amearelo. São Cristóvão, Sergipe.

6.4. Conclusões

A densidade do solo foi maior em cultivo convencional, apenas para cultivo de guandu, na camada de 0 – 10cm.

Menores valores RMP foram observados em PD em relação a CC e CM, nas camadas entre 10 - 15 cm e 15 – 20 cm em todas as plantas antecedentes.

Cultivo de Girassol antecedente ao milho em PD confere menores valores de RMP ao solo em relação a ao cultivo de Crotalária na camada entre 10 – 15 cm.

6.5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.13, p.411-418, 2009.

ALVARENGA, R.M.; CRUZ, J.C.; NOVOTNY, E.H. Manejo do solo. **Sistemas de Produção**, 2. ed., 2006 Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/manpreparo.htm> Acesso em: 25 de junho de 2012.

ARAÚJO, A.O.; MENDONÇA, L.A.R.; FEITOSA, J. V.; ROMÃO, M.R.O.; ARAÚJO, S.A.M.; SIMPLÍCIO, A.A.F. Avaliação da resistência a penetração de solos submetidos a manejo florestal de vegetação nativa na Chapada de Araripe. **Anais... XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2010.

BERTOL, J.A. Propriedades Físicas do Solo sob Preparo Convencional e Semeadura Direta em Rotação e Sucessão de Culturas Comparadas ao Campo Nativo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 nº 1, 2004.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo e desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.581-588, 2004.

BOONE, F.R.; VERMEULEN, G.D.; KROESBERGEN, B. The effect of mechanical impedance and soil aeration as affected by surface loading on the growth of peas. **Soil and Tillage Research**, v.32, p.237-251, 1994.

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

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3 p.527-538, 1998.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 289-298, 1999.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D.; STEWART, B. A. (org.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. p. 3-21. SSSA Spec. Publ. n. 35. Madison, WI: ASA, CCSA e SSSA, 2008.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2 ed, 2009. 627p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F. J.; SKORUPA, L. A.; WINK, N. N.; GUIOLPHI, I. J.; CAUMO, A. L.; HATORI, T. Integração Lavoura-Pecuária: Alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu. Londrina: CNPSo, 2010. 20 p. **Circular técnica**, n. 77.

GOMES, E.G.; MELLO, J. C. C B. S.; MANGABEIRA, J.A.C. Estudo da sustentabilidade agrícola em município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesqui. Oper.** [Online]. v.29, n.1, p. 23-42, 2009.

LAL, R. Basic concepts and global issues: soil quality and agricultural sustainability. In: LAL, R. (ed.) Soil quality and agricultural sustainability. **Ann. Arbor, Science**, Chelsea, v. ?, n. ?, p.3-12, 1998.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A., (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America Special Publication, n. 35, 1994. p.37-51.

LOCATELLI, R.; UHLEIN, A.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, C.; ZONIN, W.J. Avaliação da conservação da microbacia Sanga Itá, município de Quatro Pontes-PR. **Anais... I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente**, 2009. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; GIACOMO, S. G.; PERIN, A. 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.

MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1185-1195, 2013.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F. M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F. F.; DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ V..H. Eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOUDES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **R. Ceres**, v.43, p.337-392, 1996.

PEDROTTI, A.; MELLO JÚNIOR, A.V. Avanços em Ciência do solo: A Física do Solo na Produção Agrícola e Qualidade Ambiental. Editora UFS, FAPITEC-SE e SBCS. São Cristóvão, 2009.93p.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 160p.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. M.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência a penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1795-1801, 2002.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO L. C., Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p. 381–384, 2008.

RAMBO, L. et al. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 401-409, 2008.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. **Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado**. In: Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. CARLESSO, R.;PETRY, M.T.;ROSA, G.M.;CERETTA, C.A. (Eds). Santa Maria, 2001.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R.Compactação do solo: causas e efeitos.**Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SEQUINATTO, L.; SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; STRECK, C.A.; KAISER, D.R. Sistemas de preparo do solo, resistência mecânica à penetração, disponibilidade hídrica e rendimento do feijoeiro. **Anais... XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Lages-SC, 2012. Disponível em: <http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/XIVRBMCS_A_14.pdf> Acesso em: 12 de janeiro de 2013.

SILVA, A.C.F. **Plantio direto, cultivo mínimo e cobertura viva e morta no plantio de hortaliças**. 2011. Disponível em: <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com/2011/05/plantio-direto-cultivo-minimo-e.html>> Acesso em: 25 de junho de 2012.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; CALDAS, R. C. **Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros**. In: WORKSHOP SOBRE COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 169 - 190.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. Densidade, porosidade e resistência a penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Sciencia Agrícola**, v.59, n.4, p.795-801, 2002.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.2, p.301-309, 1998.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (**Circular Técnica**, 23).

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da biapaba – CE.**R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p.247-258, 2006.