



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO



BRISA MARINA DA SILVA ANDRADE

EFICIÊNCIA TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO FORRAGEIRO
NA EXPLORAÇÃO DE MILHO VERDE EM SERGIPE

SÃO CRISTÓVÃO
FEVEREIRO/2022

BRISA MARINA DA SILVA ANDRADE

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO FORRAGEIRO
NA EXPLORAÇÃO DE MILHO VERDE EM SERGIPE**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alceu Pedrotti

**SÃO CRISTÓVÃO
FEVEREIRO/2022**

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

A553e Andrade, Brisa Marina da Silva.
 Eficiência técnica e financeira do aproveitamento forrageiro na
exploração de milho verde em Sergipe / Brisa Marina da Silva
Andrade ; orientador Alceu Pedrotti. – São Cristóvão, SE, 2022.
 105 f.; il.

 Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Milho - Cultivo - Sergipe. 2. Forragem. 3. Cultivos agrícolas. 4.
Economia regional. 5. Melhoramento de cultivos agrícolas. 6.
Sustentabilidade. I. Pedrotti, Alceu, orient. II. Título.

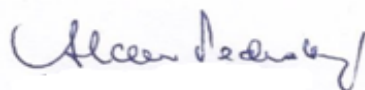
CDU 633.15(813.7)

BRISA MARINA DA SILVA ANDRADE

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO FORRAGEIRO
NA EXPLORAÇÃO DE MILHO VERDE EM SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em 10 de Fevereiro de 2022



Prof. Dr. Alceu Pedrotti - Universidade Federal de Sergipe
Presidente - Orientador



Pro^a Dra. Ana Paula Schervinski Villwock – DEA/UFS
Examinador Externo

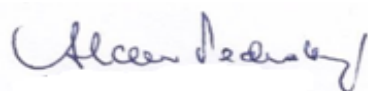


Prof. Dr. Bráulio Maia de Lana Sousa - DZO/UFS
Examinador Externo



Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho – DEAGRI - PRODEMA/UFS
Examinador Interno

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Prof. Dr. Alceu Pedrotti - Orientador
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Brisa Marina da Silva Andrade

Brisa Marina da Silva Andrade
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Alceu Pedrotti

Prof. Dr. Alceu Pedrotti - Orientador
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

*À Deus,
pela permissão de evoluir nesta condição.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser a base da vida, minha força, coragem e determinação.

À corrente espiritual Guardiões de Luz, pelas orientações e direcionamento evolutivo, trazendo a paz e discernimento nos momentos de aflições e conflitos da mente. Agradeço ainda por trazerem as mensagens do astral com sabedoria e leveza, orientando-me sempre à prática do bem e da caridade.

À minha avó Amália, pelos conselhos e apoio durante essa jornada.

À meu pai, Luiz Antônio, pelo suporte, conselhos e mensagens de acalento nas horas mais difíceis. Obrigada por tudo!

A minha avó materna, Zizi (*In memoriam*), por sempre ter ressaltado a importância do estudo para a vida de uma mulher e ao meu avô paterno, Eurico (*In memoriam*) por sempre ter torcido para que eu entrasse em uma Universidade.

À Israel, pelo apoio necessário e por nunca ter cogitado a ideia de me fazer desistir do mestrado, mesmo diante das dificuldades encontradas pelo caminho.

Aos irmãos que a espiritualidade me apresentou, pelas palavras de incentivo, transferência de experiências e conselhos sobre a vida e pelos momentos de descontração.

Ao professor Dr. Alceu Pedrotti, por ter aceitado me orientar e acreditado no meu potencial para a construção desse estudo, agradeço ainda pelos incentivos, profissionalismo e didática em transferir os conhecimentos.

Aos membros do LAFITO pela ajuda prestada no campo e laboratório e pela troca de conhecimentos, especialmente à Edla Vieira, pela disponibilidade das informações extremamente importantes e necessárias para a condução do trabalho.

À Dr^a. Jéssica Silva, companheira de experimento que o mestrado me apresentou, agradeço pelos conselhos, ensinamentos e orientações, principalmente nos momentos de desespero, quando eu me sentia insegura e achava que nada daria certo. Obrigada!

À turma do mestrado 2020, pelos risos e por terem dividido as angústias e preocupações no percorrer do curso e ao mesmo tempo sempre terem uma mensagem de apoio para todos.

Aos professores do PRODEMA, especialmente a prof^a Maria José pelo incentivo à pesquisa e disseminação de conhecimentos.

Aos funcionários do Campus Rural da UFS, pelo auxílio prestado durante a condução do experimento.

À CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão da Bolsa.

À todos que torceram para que eu finalizasse essa etapa, obrigada.

RESUMO

A produção de milho é de grande importância no nordeste brasileiro, sendo vista como uma alternativa para os pequenos produtores incluírem o seu produto no mercado. Além do retorno econômico por área plantada, a produção ainda permite o aproveitamento das plantas de milho e das espigas não comerciais para a alimentação animal e auxilia na liberação da área mais cedo para o plantio de outros cultivos. Sergipe apresenta o território Agreste como maior polo produtivo do estado, sendo o responsável pela movimentação significativa da economia dessa região, mesmo sendo produzida em monocultura, fator que tem provocado preocupações quanto à sua sustentabilidade. Dessa forma, o trabalho apresenta como objetivo geral avaliar a eficiência técnica e realizar a análise financeira da produção de forragem, como aproveitamento da exploração da produção de milho verde em espigas comerciais em Sergipe. O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe, em uma área experimental composta por faixas experimentais com parcelas subdivididas, onde nas faixas foram dispostos os sistemas de cultivo convencional (CC), mínimo (CM) e plantio direto (PD) e nas parcelas de forma aleatória e em três repetições as culturas antecedentes crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) com presença combinada da adubação nitrogenada (N) e inoculação (I) com *Azospirillum brasilense*. Os dados são referentes a safra de 2020 do milho verde. Para avaliar a eficiência técnica determinou-se a altura das plantas de milho verde (AP) pela distância entre a superfície do solo e a folha bandeira; o índice de clorofila foliar (ICF) com o clorofilômetro; a produtividade da biomassa seca da forragem sendo os valores extrapolados para kg ha⁻¹; a determinação de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl, matéria mineral (MM) pelo Método de Weende, Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) - Método de DESCHAMPS (1990), a hemicelulose (HEM) pela fração HEM = FDN - FDA; os nutrientes digestíveis totais (NDT) pela equação $\% \text{ NDT} = 105,2 - (0,667 \times \text{FDN})$ proposta por Undersander et al., (1993). Os custos da análise financeira foram determinados pela metodologia descrita por Matsunaga et al., (1976) proposta pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Para isso foram avaliados o Custo Operacional Efetivo, produtividade média de forragem (ton./ha), Receita Bruta (RB), Receita Total (RT) para cada tratamento (Sistema de cultivo x Cultura antecedente x Adubação). Observou-se que o CC/Guandu/N promoveu aumento na AP e no ICF da forragem de milho verde; a maior produtividade de forragem de milho verde alcançada foi no CM/Milheto/I; a ACP revelou que o milho verde cultivado no CC/Guandu/N aumentou os teores de N e PB, enquanto que a CT teve maior resposta no CC/Caupi/N; o ICF foi maior no CC/Caupi/N; Os NDT tiveram maior relevância na ACP quando submetido ao CM/Caupi/I; a hemicelulose apresentou maior teor quando submetido ao PD/Milheto/I e PD/Guandu/I. Para a análise financeira o CC/Guandu/N e CC/Guandu/I promoveram maiores custos de produção, sendo de R\$11163,37 e R\$11091,79, respectivamente. CC/Milheto/N e CC/Milheto/I promoveram menores custos de produção de R\$7464,55 e R\$7392,97, respectivamente. O CM/Caupi/I registrou maior produtividade de forragem de milho verde com 16680,0 toneladas/ha e o CC/Crotalária/I registrou menor produtividade com 11860,0 toneladas/ha. A maior RB foi registrada no CM/Caupi/I (R\$9510,00) e a menor no CM/Crotalária/I (R\$6760,00). O maior RT foi de R\$18293,37 e R\$18291,79, respectivamente para o CC/Guandu/N e CC/Guandu/I e o menor foi no PD/Milheto/N e PD/Milheto/I (R\$14494,55 e R\$14612,97, respectivamente).

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*. Culturas antecedentes. Eficiência. Sistemas de cultivo. *Zea Mays* L.

ABSTRACT

Corn production is of great importance in northeastern Brazil, being seen as an alternative for small producers to include their product in the market. Besides the economic return per planted area, the production also allows the use of corn plants and non-commercial cobs for animal feed, and helps to free up the area earlier for planting other crops. Sergipe presents the Agreste territory as the biggest productive pole of the state, being responsible for the significant movement of the economy of this region, even though it is produced in monoculture, a factor that has caused concerns about its sustainability. Thus, the general objective of this work is to evaluate the technical efficiency and perform the financial analysis of the production of forage, as an exploitation of the green corn production in commercial cobs in Sergipe. The study was conducted in the experimental farm of the Federal University of Sergipe, in an experimental area composed of experimental strips with subdivided plots, where in the strips the systems of conventional cultivation (CC), minimum (CM) and no-till (PD) and in the plots were arranged randomly and in three repetitions the preceding crops crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), cowpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and millet (*Pennisetum americanum* L.) with the combined presence of nitrogen fertilization (N) and inoculation (I) with *Azospirillum brasilense*. The data are for the 2020 green corn crop. To evaluate the technical efficiency, we determined the height of green corn plants (PA) by the distance between the soil surface and the flag leaf; the foliar chlorophyll index (ICF) with a chlorophyllometer; the forage dry biomass productivity being the values extrapolated to kg ha⁻¹; Determination of nitrogen (N) by Kjeldahl method, mineral matter (MM) by Weende method, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) - DESCHAMPS method (1990), hemicellulose (HEM) by the fraction HEM = FDN - FDA; total digestible nutrients (TDF) by the equation % NDT= 105.2 - (0.667 x FDN) proposed by Undersander et al., (1993). The costs of the financial analysis were determined by the methodology described by Matsunaga et al., (1976) proposed by the Institute of Agricultural Economics (IEA). To this end the Effective Operational Cost, average forage productivity (ton./ha), Gross Revenue (RB), Total Revenue (RT) were evaluated for each treatment (cropping system x previous crop x fertilization). It was observed that CC/Guandu/N promoted increase in AP and ICF of green corn forage; the highest green corn forage productivity achieved was in CM/Millet/I; ACP revealed that green corn grown in CC/Guandu/N increased N and CP contents, while CT had greater response in CC/Caupi/N; the ICF was higher in the CC/Caupi/N; NDT had higher relevance in the PCA when subjected to CM/Caupi/I; hemicellulose showed higher content when subjected to PD/Millet/I and PD/Guandu/I. For the financial analysis, CC/Guandu/N and CC/Guandu/I promoted higher production costs, being R\$11163.37 and R\$11091.79, respectively. CC/Milheto/N and CC/Milheto/I promoted lower production costs of R\$7464.55 and R\$7392.97, respectively. The CM/Caupi/I recorded higher green corn forage productivity with 16680.0 tons/ha and the CC/Crotalaria/I recorded lower productivity with 11860.0 tons/ha. The highest RB was recorded in CM/Caupi/I (R\$9510.00) and the lowest in CM/Crotalaria/I (R\$6760.00). The highest RT was R\$18293.37 and R\$18291.79, respectively for CC/Guandu/N and CC/Guandu/I and the lowest was in PD/Millet/N and PD/Millet/I (R\$14494.55 and R\$14612.97, respectively).

Key-words: *Azospirillum brasilense*. Previous crops. Efficiency. Cropping systems. *Zea Mays* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Dados médios de precipitação acumulada mensalmente em milímetros (mm); temperatura média em graus Celsius (°C) em São Cristóvão - SE, registradas durante o experimento, no período de fevereiro de 2020 a outubro de 2020.....69

Figura 1- Análise de componentes principais das características bromatológicas, da clorofila total e dados de produtividade da forragem de milho verde cultivado sob o cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto combinado com diferentes culturas antecedentes e adubações.....78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura de plantas em (cm) de milho verde sob diferentes sistemas de cultivo associado ao uso de culturas antecedentes e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>	73
Tabela 2 - Índice de Clorofila Foliar total do milho verde submetido a diferentes sistemas de cultivo do solo, culturas antecedentes e adubações.....	75
Tabela 3 - Produtividade da biomassa seca total (BST) da forragem em t ha ⁻¹ sob diferentes sistemas de cultivo com culturas antecedentes e presença combinada de duas adubações.....	77
Tabela 4 - Composição bromatológica da forragem de milho verde cultivado com diferentes preparos de solo, culturas antecedentes e adubação nitrogenada com 100% da dose recomendada e inoculação do milho via semente com <i>Azospirillum brasilense</i>	79
Tabela 5 - Estimativa do Custo Operacional Efetivo (COE) para diferentes sistemas de preparo do solo cultivados com quatro culturas antecedentes ao milho verde sob adubação nitrogenada e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, referente ao ano de 2020.....	97
Tabela 6. Custos Operacionais da produtividade da forragem de Milho Verde cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo com quatro culturas antecedentes e adubação nitrogenada, São Cristóvão - SE, referente a safra de 2020.....	99
Tabela 7. Custos Operacionais da produtividade da forragem de Milho Verde cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo com quatro culturas antecedentes e sob inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , São Cristóvão - SE, referente a safra de 2020.	100

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

kg/ha^{-1}	Quilograma por hectare
%	Percentual
ha	Hectare
mm	Milímetro
cm	Centímetro
N_2O	Óxido Nitroso
NO_3^-	Nitrato
P	Fósforo
PD	Plantio Direto
NH_3	Amônia
NH_4^+	Amônio
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
CO_2	Dióxido de carbono
CH_4	Metano
mL	Mililitro
pH	Potencial hidrogeniônico
O_2	Oxigênio
mg	Miligrama
Al^{3+}	Alumínio trocável (acidez trocável)
$\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$	Centimolc por decímetro cúbico
t/ha^{-1}	Toneladas por hectare
km	Quilômetro
cm	Centímetro
L	Litro

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Altura de Plantas
ANOVA	Análise de Variância
CC	Cultivo Convencional
CM	Cultivo Mínimo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMDAGRO	Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
FAO	Org. das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
HEM	Hemicelulose
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	Índice de Clorofila Foliar
K ₂ O	Superfosfato Triplo
LAFITO	Laboratório de Fitorremediação de Solos
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
MV	Milho Verde
N	Nitrogênio
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
PB	Proteína Bruta
PD	Plantio Direto
P ₂ O ₅	Superfosfato Simples
SE	Sergipe
SEAGRI	Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural
SB	Soma de Bases Trocáveis
TNT	Tecido Não Tecido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
REFERÊNCIAS.....	26

CAPÍTULO I: DIFERENTES TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E CULTURAS ANTECEDENTES NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA FORRAGEM DE MILHO VERDE.....30

1. INTRODUÇÃO.....	31
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 A produção de milho verde no Nordeste e em Sergipe.....	33
2.2 Sistemas de cultivo do solo.....	36
2.2.1 Sistema de cultivo convencional.....	37
2.2.1 Sistema de Cultivo Mínimo.....	39
2.2.2 Plantio Direto.....	40
2.3 Culturas antecedentes.....	41
2.4 Fixação Biológica de Nitrogênio com bactérias diazotróficas.....	43
3. Parâmetros para determinação da qualidade da forragem.....	44
3.1 Atributos do solo.....	44
3.2 Produtividade da forragem.....	46
3.3 Composição bromatológica da forragem.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

CAPÍTULO II: EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE NOS TABULEIROS COSTEIROS DE SERGIPE.....64

1. INTRODUÇÃO.....	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
2.2.1 Determinação da altura das plantas de milho verde.....	71
2.2.2 Determinação do índice de clorofila foliar (ICF) da forragem.....	71

2.2.3 Determinação da produtividade de biomassa seca da parte aérea do milho verde.....	71
2.2.4 Determinação da composição bromatológica da forragem.....	71
2.2.5 Análise estatística.....	72
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
2.3.2 Altura das plantas de milho verde.....	72
2.3.3 Índice de Clorofila Foliar da forragem.....	74
2.3.4 Produtividade da parte aérea do milho verde.....	76
2.3.5 Determinação da Análise de Componentes Principais.....	77
2.4 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS	81

CAPÍTULO III: ANÁLISE FINANCEIRA DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE COMO SUBPRODUTO DA EXPLORAÇÃO DE ESPIGAS COMERCIAIS EM SERGIPE.....	87
1.INTRODUÇÃO.....	89
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	91
2.1 Análise Financeira.....	93
2.2 Análise Estatística.....	95
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
4. CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS.....	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento sustentável é uma preocupação constante dentro das cadeias produtivas do agronegócio brasileiro, porém, a problemática em torno dela continua sendo o principal ponto em discussões sobre a agricultura e meio ambiente, mesmo havendo registros comprovando os efeitos do esgotamento dos recursos naturais na dinâmica produtiva e social (TELLES et al., 2021; GARCIA & VIEIRA FILHO, 2018).

É possível compreender que tais práticas relacionadas à preservação ambiental por meio da conservação dos recursos naturais e redução da fome e pobreza não estão vinculados apenas à conservação do meio ambiente e aos seus métodos de preservação, mas, também à formação de sociedades sustentáveis com igualdade econômica e justiça social (TELLES et al., 2021).

Entretanto, os problemas ambientais são postos como responsabilidade da ciência para produzir soluções através de novas formas de abordagem. Existem vários desafios que extrapolam a compreensão da questão ambiental como sendo absolutamente inter, multi ou transdisciplinar, até a percepção da urgência e incorporação das demandas sociais para alcançar a sustentabilidade e o desenvolvimento social sustentável difundido (NEIMAN, RABINOVICI & SOLA 2014).

Desse modo, a agricultura sustentável tem sido fortemente disseminada pelo mundo nos últimos anos e junto a ela, diversas definições e pontos de discussões. Ela foi institucionalizada em 1990, no *Farms Bill Congress*, organizado pela Facta, como Lei Pública 101-624, Título XVI, Subtítulo A, seção 1603, página 363 (GOLD, 2015).

De acordo com esta lei a agricultura sustentável significa um sistema integrado de práticas de produção vegetal e animal que possui uma aplicação específica para o local de produção e que em longo prazo irá:

(A) satisfazer as necessidades alimentares e de fibras humanas; (B) melhorar a qualidade ambiental e dos recursos naturais em que a economia agrícola depende; (C) fazer o uso mais eficiente dos recursos não renováveis e dos recursos na exploração, e integrar, quando apropriado, o controle natural dos ciclos biológicos; (D) assegurar a viabilidade econômica das operações agrícolas; (E) melhorar a qualidade de vida dos agricultores e da sociedade como um todo (FACTA, 1990 apud SCALDO et al., 2017).

Esse tipo de agricultura pode ser desenvolvido utilizando diferentes técnicas de produção por se aproximar de todas as dimensões da sustentabilidade dos agroecossistemas. Por considerar a diversidade desses, acredita-se que não existe uma fórmula ou manual a ser seguido que garanta a sua sustentabilidade. As famílias agricultoras que decidem aderir à sustentabilidade de seus agroecossistemas necessitam adaptar seus conhecimentos a realidade local, devido às particularidades físicas (solo, clima, vegetação, relevo, etc.) e humanas (cultura familiar, modo de vida, etc.) de cada ambiente, o que torna um agroecossistema distinto do outro (PASQUALOTTO, KAUFMANN & WIZNIEWSKY, 2019).

Os autores ainda destacam que os processos socioeconômicos que existem no meio rural possuem forte relação entre a agricultura familiar e a sustentabilidade. São os agricultores familiares os responsáveis por mais de 80% das unidades de produção agrícola e uma das principais fontes de renda e disponibilidade de alimentos para a população. Contudo, estima-se que dois terços dos agricultores apresentem limitações pela falta de articulação entre mercados, déficit de infraestrutura, limitações a créditos etc, que os impedem de aumentar sua lucratividade (FAO, 2020).

A diminuição da renda e a forte pressão para responder às mudanças no ambiente natural, tecnológico, econômico, social e político pressionam as famílias agricultoras a investirem em novas e eficientes estratégias de negócios para garantir a geração de renda familiar e o prosseguimento transgeracional da agricultura familiar (SUESS-REYES E FUETSCH, 2016).

Sendo assim, inicialmente é necessário desmistificar a herança histórica de que a agricultura familiar é essencialmente de subsistência e romper os obstáculos que impedem ou dificultam a transformação de um agricultor familiar em um empreendedor rural. Também é fundamental estimular a profissionalização e sua capacidade de empreendedorismo, como forma de auxiliá-los, por exemplo, na capacidade de negociarem compras de insumos e encontrar mercados mais estáveis para seus produtos (BITTENCOURT, 2020).

Contudo, é possível destacar que o desenvolvimento tecnológico e a inovação do setor são necessários assim como a modernização da agricultura familiar.

A modernização implica o uso de insumos, processos, máquinas e equipamentos apropriados ao segmento e às condições dos agricultores familiares, permitindo ganhos significativos em produtividade e sustentabilidade. Isso, porém, tem um custo: depende

de mais investimentos e do desenvolvimento de estratégias inovadoras na criação e na transferência de conhecimentos e de tecnologias (BITTENCOURT, 2020).

Para manter a sustentabilidade do ambiente de produção, é necessário dispor de técnicas que mantenham adequadamente as propriedades físico-químicas e biológicas do solo e que juntos minimizem impactos dos recursos naturais (PORTUGUAL et al., 2017). Nesse caso, os tipos de preparo do solo devem ser empregados de forma ajustada para atender a exploração racional das terras. O sistema de cultivo convencional¹ é o mais utilizado para a produção de alimentos, mas a semeadura direta² tem se destacado entre os sistemas de manejo, fundamentado no mínimo revolvimento do solo, com cobertura do solo permanente e rotação de culturas (DENARDIN et al., 2014).

A semeadura direta está associada às práticas conservacionistas pelo uso de culturas antecedentes, uso de plantas que realizam fixação biológica de nitrogênio (FBN), culturas com aproveitamento de resíduos e uso de produtos que melhorem as condições de combate e desenvolvimento à possíveis obstáculos do meio (BORDONAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). A FBN, por exemplo, associada à inoculação e coinoculação de sementes de soja, por exemplo, são capazes de fixar o N disponível na atmosfera e disponibilizar para as plantas, reduzindo consideravelmente o uso de fertilizantes minerais, como a ureia (TELLES et al., 2021).

O milho, por sua vez, apresenta elevada importância para a agricultura brasileira sendo produzido em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários (CONTINI et al., 2019). Em Sergipe, a produção de milho também tem se destacado, tendo totalizado na safra 2019/2020 850 mil toneladas (ton.) de milho em grãos (CONAB, 2021). Entretanto, estes índices vão de encontro com as condições inadequadas de manejo do solo, predominantes na exploração da cultura no estado (SILVA, 2016).

As condições de manejo do solo para a produção de milho verde (*Zea Mays* L.) não difere da exploração do milho grão, uma vez que, as problemáticas em ambos existem pela degradação ambiental causada pela não adoção de práticas conservacionistas pelos agricultores, resultando na perda da qualidade do solo, redução da produtividade e

¹ É o sistema que utiliza práticas convencionais de preparo do solo (Remoção da vegetação, aração, gradagem, semeadura, adubação mineral, etc.)

² É o sistema que tem como base a implantação de uma cultura sem o prévio revolvimento do solo com arados e grades.

conseqüentemente, na rentabilidade econômica da cultura no final do processo (SANTANA, 2014).

As tecnologias utilizadas para o cultivo do milho verde em Sergipe têm fragilizado o setor ambiental devido às práticas convencionais utilizadas nas áreas, tornando-se o responsável pelo processo de compactação do solo além de erosão, principal motivo do empobrecimento precoce de terras produtivas (ASSUNÇÃO, 2019).

No contexto econômico, a maioria dos agricultores administra suas propriedades informalmente, sem controle financeiro e/ou econômico sobre o processo produtivo. Não utilizam ferramentas que auxiliem na gestão financeira por não terem o conhecimento e reconhecimento sobre a sua importância e funcionalidade (SANTOS, PEREIRA, VICTOR & BORGUES, 2019). No entanto, em função do aumento da demanda, alta competição e períodos de crise econômica, o agricultor tende a mudar esse comportamento quanto à gestão mais eficaz dos recursos de forma a não comprometer o futuro do empreendimento (BORSOI, 2017).

O uso associado de tecnologias mais sustentáveis para a produção agrícola tem aumentado a produtividade e conseqüentemente a eficiência e rentabilidade econômica para as regiões do Nordeste do Brasil. As condições tropicais ao longo do ano com grande demanda por produtos de interesse regional, como é o caso do milho verde, torna ainda esse produto altamente relevante nas propriedades agrícolas, principalmente dos agricultores familiares locais que exploram predominantemente essa cultura nos Tabuleiros Costeiros.

Considerando a problemática da região e a importância que a exploração do milho tem para o estado é relevante avaliar sistemas que apresentem maior eficiência de produção de baixo custo para fortalecer e aumentar a produtividade do milho no mercado, que seja viável, sustentável e que promova maior rentabilidade para o produtor garantindo o desenvolvimento socioeconômico do local e conservação da natureza.

Assim, o presente trabalho fundamenta-se nas seguintes hipóteses:

- A inoculação do milho verde com *Azospirillum brasilense* associado a diferentes culturas antecedentes promovem maior eficiência técnica na produção forrageira do milho em diferentes tipos de preparo solo
- A utilização de culturas antecedentes associada ao uso do *Azospirillum brasilense* potencializa a produtividade de forragem de milho verde em sistemas de cultivo distintos.

- A produção de forragem de milho verde cultivada sob inoculação em diferentes sistemas de cultivo do solo e plantio de culturas antecedentes reduz os custos de produção.

Desta maneira, o objetivo geral da dissertação foi avaliar a eficiência técnica e realizar a análise financeira da produção de forragem, como aproveitamento da exploração da produção de milho verde em espigas comerciais em Sergipe.

Para atingir tal propósito, definiram-se como objetivos específicos, a saber:

- Determinar o crescimento, índice de clorofila foliar total e produção de forragem de milho verde cultivado em diferentes sistemas de cultivo, com plantas antecedentes e combinação entre duas adubações - adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense*.

- Determinar a composição bromatológica da forragem de milho verde sob efeito de quatro coberturas vegetais de plantas antecessoras e utilização de *Azospirillum brasilense*, influente na qualidade da forragem.

- Realizar e apresentar a análise financeira da produção de forragem de milho verde submetido a diferentes sistemas de cultivo, culturas antecedentes e adubação.

Diante das informações apresentadas é possível observar que o presente trabalho possui relevância científica e social à partir da obtenção de informações sobre a eficiência técnica e financeira da forragem, como aproveitamento da exploração da produção de milho verde, na região dos Tabuleiros Costeiros que auxiliará os agricultores na tomada de decisões para o desenvolvimento agropecuário, nos âmbitos social, econômico e ambiental. Este trabalho também fornecerá uma maior compreensão e produção científica com maior confiabilidade sobre o tema, uma vez que, não foi encontrado no estado, quiçá a nível Nordeste e Nacional, nenhum estudo com o mesmo enfoque que este trabalho propõe, tornando-o inédito.

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa é caracterizada com o método de abordagem hipotético dedutivo por ter sido construída a partir de um problema seguido de hipóteses e necessitar de testes de falseamento através da observação e experimentação para alcançar os resultados e a conclusão (LAKATOS & MARCONI, 2003).

Esse método é sustentado na ideia de que um projeto científico não pode ser construído com base, apenas, em um problema e hipótese e concluído somente à partir da literatura, mas deve ser fundamentado com técnicas de coleta de dados e análise de

informações para verificação da hipótese e da relação entre as variáveis estudadas para ser considerado um texto de caráter científico formal (SOUZA, 2020, p.72).

A pesquisa é classificada como exploratória-descritiva. Exploratória, visto que, diante das limitações de materiais bibliográficos encontrados com os mesmos objetivos desse trabalho, foi necessário a familiarização com o problema para a obtenção de informações acerca do tema e descritiva por já existir um conhecimento prévio da realidade do local, de suas características e limitações (GIL, 2002).

O procedimento técnico utilizado para a estrutura conceitual do trabalho foi a partir de pesquisas em fontes bibliográficas de artigos científicos, teses e dissertações, livros, dados históricos etc, assim como se fez o uso da pesquisa experimental pelo estudo possuir variáveis a serem analisadas (SOUZA, 2020).

De acordo com a abordagem do problema de pesquisa, a análise do estudo é de caráter qualitativa-quantitativa ao considerar o processo investigativo e os métodos estatísticos utilizados. A análise qualitativa pode ser definida como uma seqüência de atividades, que envolve a redução dos dados, sua categorização, interpretação e redação do relatório de estudo, enquanto que a análise quantitativa está associada à organização e classificação dos dados de forma sistemática, percorrendo as fases de seleção, codificação e tabulação (PRODANOV & FREITAS, 2013).

Quanto à estrutura da dissertação, ela está organizada em introdução geral e capítulos/artigos científicos. Assim, esta introdução geral apresentou a relevância do estudo para o desenvolvimento rural sustentável e para a exploração do milho verde no estado de Sergipe, associado às práticas agrícolas que beneficiem todo o agroecossistema, adicionado três capítulos/artigos e considerações finais.

No capítulo 1: “Diferentes tecnologias de manejo do solo e culturas antecedentes na produtividade e qualidade da forragem de milho verde”, à partir de uma revisão bibliográfica buscou-se apresentar os diferentes tipos de preparo do solo, a influência do cultivo de culturas antecedentes e diferentes adubações para o solo e plantas e os fatores que influencia na eficiência técnica de uma forragem de qualidade.

No capítulo 2: “Eficiência técnica na produção de forragem de milho verde nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe”. Nesse artigo, abordou-se a influência dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e plantio direto associado ao uso de quatro culturas

anteriores: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan*(L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) na eficiência técnica da forragem de milho verde e combinação entre duas adubações - nitrogenada na forma de ureia e inoculada com *Azospirillum brasilense*. Para isso, determinaram-se como variáveis a altura das plantas (AP), o índice de clorofila foliar (ICF), a produtividade da biomassa seca da forragem e composição bromatológica da forragem, dentre elas: a matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e os nutrientes digestíveis totais (NDT).

No capítulo 3: “Análise financeira da produção de forragem de milho verde como subproduto da exploração de espigas comerciais em Sergipe”, buscou-se analisar os componentes dos custos operacionais efetivos (COE) dos sistemas de cultivo individualmente adotados no experimento associado ao uso de quatro culturas anteriores e da adubação nitrogenada e inoculada com *Azospirillum brasilense* do milho verde para avaliar a viabilidade financeira para o produtor em adotar uma das tecnologias apresentadas no trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, S. J. T. **Sustentabilidade do uso de tecnologias para o cultivo de milho verde nos tabuleiros costeiros em Sergipe**. São Cristóvão, 2019. 206 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.
- BITTENCOURT, D. M. C. **Agricultura familiar, desafios e oportunidades rumo à inovação**. Embrapa: Brasília. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217375/1/2Texto-Discussao-49-ed-01-2020.pdf>
- BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J.L.N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA JUNIOR, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 13, p. 2-23, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-018-0490-x>
- BORSOI, A. P. **Custos na atividade rural: um estudo de caso na produção de macieiras, ameixeiras e pessegueiros em uma propriedade familiar da serra gaúcha**. Rio Grande do Sul, 2018. 125 p. Monografia (Monografia de Graduação em Ciências Contábeis)- Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.
- CONAB. **Série Histórica das Safras**.Milho Total (1ª, 2ª e 3ª safras). 2021. Disponível em: Conab - Série Histórica das Safras
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Milho: Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Nota Técnica 2, Série Desafios do Agronegócio Brasileiro. p. 45. 2019.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; COGO, N. P. Agricultura conservacionista no Brasil: uma análise do conceito à adoção. **In:** Leite, L. F. C.; Maciel, G. A.; Araújo, A. S. F. (Orgs.). Agricultura conservacionista no Brasil. Brasília: Embrapa, 2014. p.23-41. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5501>
- FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF. 2020. Panorama de La seguridad alimentaria y nutrición en América Latina y el Caribe 2020. Santiago de Chile. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb2242es>. Acesso em: 22 maio. 2021.
- GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. O papel da dimensão ambiental na ocupação do MATOPIBA. **Confins**, v. 35, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.13045>
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOLD, M.V. Sustainable Agriculture: Information Access Tools. United States Department of Agriculture. 2015 [cit. 2018.05]. Disponível em: <Sustainable Agriculture: Information Access Tools | Alternative Farming Systems Information Center| NAL | USDA>. Acesso em: 22 maio. 2021.

LAURANCE, W.F.; SAYER, J.; CASSMAN, K.G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**, v.29, p.107-116, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NEIMAN, Z; RABINOVICI, A; SOLA, F. A questão ambiental, a sustentabilidade e inter, pluri ou transdisciplinaridade. In: CUNHA, B. P; AUGUSTIN, S. **Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais**. Caxias do Sul, RS: Educs, 2014. p.24-47.

OLIVEIRA, T. E.; TERRA, A. B. C.; FRANCO JÚNIOR, K. S.; CALEGARI, A.; FLORENTINO, L. A. Manejo sustentável do solo como alternativa para mitigação das mudanças climáticas. In: SILVA, A. L. C.; B. C. GOES.; PUTTI, F. F (Orgs.). **Sustentabilidade no Agronegócio**. Tupã: ANAP, 2020. p.201-224. Disponível em: Livraria Amigos da Natureza - ANAP. Acesso em: 23 maio. 2021.

PASQUALOTTO, N.; KAUFMANN, M. P. WIZNIEWSKY, J. G. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável. As interfaces entre agricultura familiar e desenvolvimento sustentável. In: _____. (org.). **Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável**. Santa Maria, 2019. p.67-84.

PORTUGAL, J. R., ARF, O., PERES, A. R., GITTI, D. D. C., & GARCIA, N. F. S. (2017). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 639-649, out-dez, 2017. Acesso em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTANA, A. P. S. **A diversificação de cultivos na sustentabilidade da agricultura familiar no município de Lagarto - SE**. 2014. 87 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

SANTOS, A. N., PEREIRA, D. T. O., VICTOR, P. H. A. & BORGUES, F. Q. Importância da gestão financeira para agricultura familiar em sistemas agroflorestais. **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**1. 2019. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/gestao-financiera-agricultura.html>.

SILVA, T. M. M. **Sustentabilidade do sistema agrícola com milho em agricultura familiar em Simão Dias-SE**. 2016. 98 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

SOUZA, L. C. **Estrutura lógica de organização da pesquisa científica: texto básico para auxiliar pesquisadores**. Belo Horizonte: EdUEMG. 2020.

SUESS-REYES, J. & FUETSCH, E. The future of family farming: A literature review on innovative, sustain-able and succession-oriented strategies. **Journal of Rural Studies**, vol. 47, part A, p. 117-140. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.07.008>>

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R.
Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Texto para discussão 2638.
Rio de Janeiro: IPEA. 2021. Disponível em: <Repositório do Conhecimento do Ipea:
Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil>. Acesso em: 23 maio. 2021.

SCALCO, A. R.; SOUZA, R.; CAMPOS-SILVA, W. L.; BAKER, G. A Independência da
Escolha dos Canais de Marketing nas Rendas dos Produtores Orgânicos Americanos. **Revista de
Economia e Sociologia Rural** 55 (4). Oct-Dec 2017. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550409>

CAPÍTULO I

**DIFERENTES TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E CULTURAS
ANTECEDENTES NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA FORRAGEM DE
MILHO VERDE**

DIFERENTES TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E CULTURAS ANTECEDENTES NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA FORRAGEM DE MILHO VERDE

RESUMO:

O desenvolvimento de diversas tecnologias está sustentado na busca pelo aumento da produtividade e ganhos econômicos, seja como capital ou consumo alimentar. Todavia, questões relacionadas ao meio ambiente e aos recursos naturais foram descuidadas no decorrer do tempo, tornando a agricultura uma das principais causas geradoras de pressão e impacto sobre os recursos naturais. Tendo em vista a escassez de estudos sobre os determinantes da eficiência técnica na produção de forragem de milho verde, se faz necessário buscar informações que estimulem a reflexão nos agricultores sobre qual é a forma de produção mais eficiente, sustentável para o meio ambiente e rentável para eles a longo prazo. Dessa forma, o objetivo desse artigo é contribuir com a literatura sobre os fatores determinantes da eficiência técnica para a produção de forragem de milho verde, apresentando algumas variáveis a serem analisadas em relação ao meio ambiente rural. O plantio do milho verde em Sergipe ocorre, predominantemente, em áreas que adotam o sistema de cultivo convencional cujo preparo do solo acontece com a utilização de implementos agrícolas mecanizados pesados. Dentre algumas tecnologias utilizadas nos sistemas de produção, o uso de culturas antecedentes é um dos princípios fundamentais para manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que oferecem condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas subseqüentes. O uso de *Azospirillum* no milho também pode contribuir para melhoria de alguns parâmetros fisiológicos, incrementando o teor de clorofila, resultando na produção de biomassa, altura das plantas e produtividade. Logo, os fatores associados a adoção dessas duas tecnologias podem influenciar de alguma forma na produtividade e consequentemente no rendimento econômico obtido ao final do ciclo.

Palavras-chave: Forragicultura. Inoculação. Sistemas de cultivo. *Zea mays* L.

ABSTRACTS:

The development of various technologies is supported in the search for increased productivity and economic gains, either as capital or food consumption. However, issues related to the environment and natural resources have been neglected over time, making agriculture one of the main causes of pressure and impact on natural resources. Thus, the objective of this article is to contribute to the literature on the determinants of technical efficiency for the production of green corn fodder, presenting some variables to be analyzed in relation to the rural environment. The planting of green corn in Sergipe occurs, predominantly, in areas that adopt the conventional cultivation system whose soil preparation happens with the use of heavy mechanized agricultural implements. Among some technologies used in production systems, the use of previous crops is one of the fundamental principles to maintain the sustainability of agricultural systems, once they offer favorable conditions for the growth and development of subsequent crops. The use of *Azospirillum* in corn may also contribute to improve some physiological parameters, increasing the chlorophyll content, resulting in biomass production, plant height and productivity. Therefore, the factors associated with the adoption of these two technologies can somehow influence the productivity and consequently the economic yield obtained at the end of the cycle.

Keywords: Forage crops. Inoculation. Cropping systems. *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

Projeções divulgadas pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da Secretaria das Nações Unidas - DESA (2019) indicam que a população mundial ultrapassará cerca de oito bilhões de pessoas em 2030, nove bilhões em 2050 e 10 bilhões em 2100. A FAO (2017) estima que haverá a necessidade de aumentar em 70% a produção de alimentos até 2050, isto quer dizer que, haverá o aumento na produção de três bilhões de ton./ano de cereais e mais de 200 milhões de ton. de carne.

A agricultura é a mais antiga indústria humana, e o avanço da tecnologia não é novidade. As revoluções industriais dos séculos XIX e XX substituíram os instrumentos portáteis e arados puxados por cavalos por motores a gasolina e fertilizantes químicos. Nesse processo, 4.0³ ou agricultura digital, intitulada graças a uma nova revolução industrial e às tecnologias da Indústria 4.0 (BROWN, 2018).

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado anualmente em todos os estados brasileiros, e juntos, firmou o Brasil como o terceiro maior produtor de milho do mundo com 102 milhões de ton. na safra 2019/2020, sendo responsável por 8,2% da produção mundial e o segundo maior exportador com cerca de 38 milhões de ton. A cadeia produtiva está concentrada nos estados do Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (CONTINI et al., 2019; CONAB, 2021; MARINI, 2021).

Apesar da produção de grãos predominar no mercado, o milho verde vem despertando interesse de agricultores que residem próximos a centros urbanos, tendo em vista o crescimento contínuo pela procura desse produto pelo consumidor, além de ser uma atividade considerada tradição no país destacando-se em pequenas⁴ e médias propriedades⁵ com áreas entre um e dez hectares (NASCIMENTO, et al., 2017; MENEGALDO, 2018).

Na literatura, informações sobre cultivares adequadas para a produção de milho verde ainda são escassas, fator que tem levado empresas produtoras de sementes de milho a desenvolverem cultivares que atendam às exigências do mercado (SOUSA, CARDOSO & FERREIRA, 2020). Geralmente o milho verde é cultivado com híbridos destinados a grãos,

³Consiste no conjunto de tecnologias digitais a partir do uso de softwares, sistemas e equipamentos para otimizar a produção e gestão agrícola em diferentes estágios.

⁴São propriedades rurais com área entre um e quatro módulos fiscais.

⁵São propriedades rurais com área superior a quatro até 15 módulos fiscais. A classificação dos imóveis rurais está presente na Lei nº 8.629/1993 (Art. 4, II e III), onde o módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo INCRA para cada município.

resultando em menor produtividade, baixa qualidade de espigas e inadequadas ao mercado, refletindo em baixa lucratividade (SOARES NETO et al., 2017).

Os setores avícolas e suínolas são um dos maiores responsáveis pelo aumento no uso do milho grão por fazerem parte da composição da ração dos animais, enquanto que, na alimentação de ruminantes sua principal forma de aproveitamento é por meio da silagem, sendo o produto final do processo de ensilagem, denominado como um método de conservação por meio da fermentação anaeróbica da planta (CONTINI et al., 2019; LUDWIG et al., 2019).

Geralmente o milho é associado a alimentação humana, mas também é utilizado para a produção de forragens, energia e materiais industriais (XIAOTONG et al., 2018). Diante do leque de opções para o uso do milho verde, seja para a produção de espigas comerciais ou diretamente utilizada na alimentação animal, a palhada pode ser utilizada como forragem ou como adubação orgânica, tendo como fator positivo a produção média de 25 ton. ha⁻¹ de matéria fresca, mas também pode ser destinada para a produção de etanol (PEREIRA FILHO et al., 2011; FAO, 2019).

Entre os principais fatores que favorecem o aumento da produtividade do milho estão o clima e o uso de tecnologia na administração da cultura (CONAB, 2018). A produção de milho verde exige a seleção de plantas com características esperadas pelo mercado consumidor, de forma que o produto tenha valor agregado, maior qualidade e produtividade (ROCHA et al., 2019). Normalmente a produtividade de uma cultura decorre da otimização do uso da área de cultivo associado a utilização adequada de insumos, sobretudo fertilizantes, e das condições ambientais nos sistemas agrícolas (FLÔRES, 2018).

A adubação é considerada extremamente relevante e pode ser um fator limitante no incremento da produtividade e, conseqüentemente, no rendimento econômico obtido ao final do ciclo (AGUIAR et al., 2021). Assim como o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, que ainda, auxilia no desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes e desenvolvimento das plantas (REIS, 2015; SKONIESKI et al., 2017, MORAIS et al. 2017) e que podem ser associadas a sistemas cada vez mais eficientes, sustentáveis e rentáveis.

Tendo em vista a escassez de estudos sobre os determinantes da eficiência técnica na produção de forragem de milho verde, se faz necessário buscar informações que estimulem a reflexão nos agricultores sobre qual é a forma de produção mais eficiente, sustentável para o meio ambiente e rentável para eles a longo prazo.

O objetivo com este trabalho é reunir informações por meio de uma revisão bibliográfica sobre os fatores determinantes da eficiência técnica para a produção de forragem de milho verde, apresentando as principais variáveis a serem analisadas em um sistema agrícola.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A produção de milho verde no Nordeste e em Sergipe

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, originária do México há 7.300 anos. Alguns pesquisadores acreditam que ele surgiu do Teosinte (*Zea mexicana* L.), uma gramínea anual com origem no México e Guatemala, pela seleção do homem, enquanto outros consideram que ambos se originaram de um ancestral comum há mais tempo (SOUZA, 2017). É uma cultura que possui diversificados tipos e formas de uso. Algumas espécies utilizadas de formas alternativas para a produção de grãos secos ou *commodities* são denominadas milhos especiais como, por exemplo, as variedades de milho pipoca, milho verde comum, milho verde doce, minimilho, etc (TEIXEIRA, JESUS & BUENO, 2020; SOUZA et al., 2013).

O milho verde (MV) refere-se ao milho colhido aproximadamente aos 90 dias após o plantio (DAP), no verão e 100 DAP no inverno, quando apresentam de 70% a 80% de umidade (estádio fisiológico R3) e antes que haja a conversão total dos açúcares em amido (LUZ et al., 2014). Sua composição nutricional média em base seca é de 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4% de lipídios (PAES, 2008). As proteínas ainda podem ser classificadas em grupos de acordo com sua solubilidade e em seis frações, entre elas a α -zeína é a maior classe, representando em média 50% a 60% do total de proteína no milho (OLIVEIRA et al., 2016). Além desses, outros componentes podem variar de acordo com os fatores de produção e o sistema de gestão adotado (SILVEIRA et al., 2021).

Quanto à forragem, é desejável que ela apresente características agronômicas elevadas e valores adequados para produtividade de matéria verde, matéria seca (MS) e boa composição bromatológica envolvendo os teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), além de proporções adequadas de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (GUIMARÃES et al., 2019).

A produção de milho verde assume grande importância no nordeste brasileiro mesmo sendo produzida em pequena escala e é vista como uma alternativa viável para os pequenos produtores incluírem o seu produto no mercado (GALVÃO, 2014). Os maiores produtores

encontram-se nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí e, respectivamente, ocupam a nona, décima e décima primeira posição do ranking nacional (CONAB, 2021). A região do Sealba⁶ é composta por 171 municípios, onde 69 estão localizados em Sergipe, 74 em Alagoas e 28 no nordeste da Bahia. Destes, 33,2% da área encontra-se em Sergipe, 36,1% em Alagoas e 30,7% na Bahia, totalizando 5.148.941 ha (Sergipe - 1.707.815 ha; Alagoas - 1.859.438 ha; Bahia - 1.581.688 ha) (IBGE, 2015).

O milho é o grão mais cultivado no Sealba, cujo maior polo produtivo é o território Agreste de Sergipe. Ele é responsável pela movimentação significativa da economia dessa região, apesar de ser produzido em monocultura, fator que tem provocado preocupações quanto à sua sustentabilidade. A produção também tem se estendido para a região dos Tabuleiros Costeiros, especialmente na região citrícola do Sealba. Nessa região, além de ser utilizado como base da alimentação animal, também é destinada a alimentação humana na forma de farinha flocada (PROCÓPIO et al., 2019).

Na safra de 2020/2021 a produção nordestina atingiu cerca de 3.010,480 mil ton., sendo 687,6 mil ton. produzidas em Sergipe. O milho foi cultivado em 820.178 ha com produtividade média de 3.685 kg/ha, enquanto que no menor estado da Federação o cereal foi plantado em aproximadamente 164,5 ha e obteve rendimento médio de 4,180 kg/ha (CONAB, 2022).

Na maioria dos estados o plantio do milho ocorre em duas safras. A primeira tem início no mês de outubro e termina em dezembro e a segunda vai de janeiro a março, essa diferença no calendário tem relação com as condições climáticas de cada região. Em Sergipe, o plantio do milho ocorre entre o final de abril e início de junho (cultivos de outono/inverno) (CONAB 2018; PROCÓPIO et al., 2019). O plantio nesse período possibilita melhores preços na colheita; oportunidade de terceirização de máquinas agrícolas do Matopiba que se encontram paradas entre agosto e novembro; plantio de sementes com alta qualidade fisiológica decorrentes da colheita de campos de produção do Centro-Sul e Matopiba, nos meses de março a abril; clima favorável ao cultivo de grãos e alta produtividade (PROCÓPIO et al., 2019).

O planejamento da lavoura é essencial para o plantio do MV considerando as características da espécie com as condições do solo e clima do local, manejo da cultura e respeitando ainda a densidade média recomendada de 40 mil a 60 mil plantas por ha e espaçamento do plantio de 0,80 m entre linhas e entre 0,20 m e 0,30 m entre plantas. Esse

⁶ É um acrônimo formado pelas siglas iniciais dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia.

dimensionamento está relacionado com a otimização no processo de colheita, geralmente manual, associado ao número de plantas por metro (SOUSA & ZONTA, 2020).

Para a safra de 2019/2020, o mercado brasileiro tinha disponível 196 cultivares de milho, destes, 103 cultivares eram de uso exclusivo para produção de grãos, 90 para a confecção de silagem e seis cultivares de milhos especiais, sendo quatro para a produção de MV - BM 3051 (BIOMATRIX SEMENTES), BRS 2046 (EMBRAPA), IAC 8046 e IAC 8053 (IAC SEMENTES) e SAB 40V62 (PRIORIZI SEMENTES) e dois para milho canjica de coloração branca (PEREIRA FILHO & BORGHI, 2020). Diante disso, é possível perceber que genótipos destinados a produção de milho verde ainda são escassas conduzindo o produtor, muitas vezes, a utilizar genótipos que não respondem de forma positiva com o objetivo do sistema de produção.

O alto potencial produtivo do milho independente da região cultivada está relacionado com a temperatura, exigência hídrica durante o ciclo (250 mm a 2500 mm anuais), radiação solar e fotoperíodo, como também o emprego de tecnologias de produção como correção e fertilização do solo adequada, manejo integrado de plantas invasoras, doenças e pragas, e uso de sementes de qualidade superior (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2018; EICHOLZ et al., 2016).

Entretanto, em Sergipe foi possível identificar que em 2017 53% dos estabelecimentos agropecuários tinham a implantação do sistema de cultivo convencional, devido os agricultores adotarem predominantemente o uso de implementos agrícolas mecanizados em suas áreas, enquanto que 45% fizeram uso do cultivo mínimo e apenas 2% das áreas adotaram o plantio direto (ASSUNÇÃO, 2019; IBGE, 2017). A adoção predominante do cultivo convencional tem contribuído com o aumento da produtividade do milho nas regiões, ao mesmo tempo em que pode acarretar na dependência dos agricultores por insumos externos para garantir a produção, sendo que as práticas adotadas refletem em questões ambientais, sociais e econômicas (SANTOS, 2012).

Os principais representantes do Polo produtor de milho em grãos do estado de Sergipe são: Carira, Frei Paulo e Simão Dias. Os dois primeiros estão localizados no Agreste Sergipano e o último, na região Centro Sul do estado. Nessas áreas, observa-se o uso rotineiro de agrotóxicos em grandes extensões, potencializando as fontes de contaminação de todo o sistema produtivo. Dos 93.275 estabelecimentos agropecuários verificados em 2017, 31% declararam ter aplicado agrotóxicos e 34% fizeram uso da adubação química nas lavouras (PORTAL DA TRANSPARÊNCIA SERGIPE, 2020; IBGE, 2017).

Contrariamente, a produção de milho verde na safra de 2021 esteve concentrada nos perímetros irrigados Jacarecica I, Ribeira, Piauí e Califórnia com estimativa de produção em 1.795.000 t., equivalente a 2.332.000 espigas. Os perímetros irrigados Jacarecica I e Ribeira estão localizados no município de Itabaiana, Agreste de Sergipe, enquanto que os perímetros Piauí e Califórnia encontram-se nos municípios de Lagarto e Canindé de São Francisco, regiões Centro Sul e Alto Sertão Sergipano, respectivamente (COHIDRO, 2021).

Os perímetros Jacarecica e Piauí ocuparam em média 37 ha com produção média estimada entre 481 mil e 740 mil espigas e 612 mil espigas equivalente a 397.800 kg, respectivamente, enquanto o perímetro Califórnia produziu aproximadamente 960 mil espigas, apenas no mês junino. A maioria dos produtos são destinados às feiras livres e mercado interestadual como Alagoas e Bahia, e a palhada do MV com as espigas não comerciais são aproveitadas para alimentação do rebanho bovino (COHIDRO, 2021).

O milho verde agrega valor e movimenta o comércio e a pequena agroindústria através da mão de obra familiar, destacando-se e tornando o mercado promissor, diante do cultivo de milho para grãos, feijão e café, culturas consideradas tradicionais entre os produtores. Por isso, alguns programas de melhoramento de milho têm mostrado interesse em desenvolverem cultivares de milhos especiais mais produtivas, adaptadas às regiões distintas e que atendam os diferentes nichos de mercado do milho verde (GUIMARÃES et al., 2018).

Em tese, todas as modificações nas práticas agrícolas refletem diretamente nas questões ambientais, sociais e econômicas, sendo que todos esses fatores se tornam favoráveis e com garantia de maior produtividade quando conciliados de forma sustentável (SANTANA, 2012).

2.2 Sistemas de cultivo do solo

Os sistemas de cultivo podem ser compreendidos como práticas de manejo selecionadas de acordo com determinadas culturas vegetais, cujo objetivo, é melhorar o rendimento da produção através de estratégias e técnicas lógicas e ordenadas de um conjunto de atividades e operações de cada propriedade (HIRAKURI et al., 2012; FREITAS, 2019). Eles são classificados em sistema de cultivo convencional (CC), mínimo (CM) e plantio direto (PD).

A crescente demanda por alimentos no mundo tem incentivado o aumento das atividades antrópicas dos recursos naturais e por isso, em regiões temperadas e subtropicais novas áreas para essa finalidade praticamente estão extintas tornando a produção de alimentos

dependente dos incrementos na produtividade (AKUNE, 2015). Então, se faz necessário destacar a importância em explorar discussões relativas à agricultura sustentável, principalmente no que diz respeito aos manejos e alternativas mais adequadas de uso dos solos agrícolas (TURETTA et al., 2017).

O solo é considerado o recurso fundamental e indispensável para a agricultura e meio ambiente, sendo constituído como ideal para o desenvolvimento de plântulas 45% de minerais, 5% de matéria orgânica, 25% de ar e 25% de água, sendo estes dois últimos considerados concorrentes devido o percentual de um interferir no do outro, isto é, quando o percentual do ar estiver alto, inversamente estará o percentual da água e vice versa (MACEDO et al., 2016).

Atualmente, pode-se afirmar que os solos brasileiros são classificados como ambientes frágeis, devido o elevado potencial de degradação ou baixa capacidade de uso ou aptidão agrícola em função da elevada erodibilidade e instabilidade através do uso e manejo adotado (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018).

No nordeste brasileiro os tipos de solos diferenciam-se, de forma geral, pela variação dos fatores de formação que lhes deram origem como diversidade de climas, formações vegetais, tipos de rochas e conformações do relevo, além de apresentarem estruturas morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas importantes que auxiliam na subdivisão de classes homogêneas (MARQUES et al., 2014).

O litoral da região nordestina apresenta solos com diferentes profundidades, boa precipitação anual e fertilidade reduzida pelo uso constante da agricultura: 31% da região são dominadas pelos latossolos em áreas de relevo plano ou suave ondulado, enquanto, 70% dos solos da zona semiárida (agreste e sertão) são mais rasos e apresentam boa fertilidade natural devido à retenção de minerais (PEDROSA, 2014).

2.2.1 Sistema de cultivo convencional

O CC é caracterizado pela utilização de técnicas tradicionais de preparo do solo exigentes em arações e gradagens entre o cultivo de espécies. As arações são realizadas com arados de discos ou aivecas, enquanto as gradagens são feitas com grades de dentes, molas ou de discos, sendo esta última mais comum pela facilidade em cortar os resíduos vegetais (PEDROSA, 2014).

Nesse tipo de plantio, normalmente o preparo do solo é realizado em duas fases, denominado como preparo primário e secundário. O preparo primário consiste na primeira

aração e gradagem com antecedência ao plantio de forma mais profunda e grosseira e tem como objetivo a remoção da vegetação remanescente na área, descompactação superficial do solo, incorporação e homogeneização de fertilizantes, corretivos e resíduos culturais através do revolvimento do solo, enquanto que, a segunda fase consiste no uso de gradagens para o destorroamento do solo, controle de ervas invasoras e nivelamento da camada arável (PEDROSA, 2014; ALBUQUERQUE FILHO, 2016).

Todos esses fatores associados contribuem para o fornecimento de condições ótimas para a germinação, emergência e estabelecimento das culturas através do aumento da porosidade do solo, e conseqüentemente, na aeração e infiltração de água no solo, aumento da mineralização da matéria orgânica (MO) pelos microrganismos, deixando-o disponível para as plantas mais rapidamente, controle de ervas invasoras e sementeiras e nivelamento da superfície do solo colaborando com as operações de plantio, pós-plantio e colheita (ALBUQUERQUE FILHO, 2016; FREITAS, 2019; PEDROTTI et al., 2013).

Em compensação, o CC pode reduzir a fertilidade do solo provocada pela lixiviação causada pelo revolvimento profundo do solo, favorecer a erosão pela ausência de cobertura vegetal durante o período intenso de chuvas, dificultar a infiltração de água e crescimento das raízes pela compactação do solo causada pela mobilização contínua da terra, além do tempo de preparo do solo ser maior quando comparado a outros sistemas de cultivo e os custos de produção serem elevados, principalmente com combustíveis em razão do maior uso de implementos (PEDROSA, 2014; PEDROTTI et al., 2013).

Os sistemas de manejo caracterizados pelo preparo intensivo do solo em regiões de clima tropical e subtropical refletem negativamente sobre a produção agrícola e sobre o ambiente (EMBRAPA, 2017), uma vez que, essas práticas acarretam na fragmentação da cobertura e dos resíduos vegetais, propiciando a ruptura dos agregados presentes no solo e favorecem os processos erosivos tornando-se responsáveis pelas alterações nos atributos edáficos do solo como a compactação e redução da matéria orgânica (LOSS *et al.*, 2015).

Por outro lado, as práticas realizadas nos CM e PD têm sido vistas como práticas de manejo conservacionistas, visto que, o não revolvimento do solo e a manutenção da cobertura morta auxiliam na retenção de água no solo e favorecem a preservação da estrutura, porosidade e aeração, condições importantes para o desenvolvimento e crescimento das culturas economicamente rentáveis (PEDROTTI et al., 2013).

Mas, vale ressaltar que o uso do CC é uma realidade, principalmente em áreas degradadas ou com problemas de compactação do solo, o que naturalmente tem preocupado a

sociedade com relação ao meio ambiente e a saúde da população reforçando ainda mais o incentivo e a substituição pelo interesse do preparo convencional por práticas agrícolas conservacionistas (CORSINI, 2018; SAMPAIO, 2008; CHIODEROLI, 2013).

Em um estudo realizado em Manaus-AM, cujo objetivo foi avaliar o efeito do PD na quantidade de carbono orgânico total e na produtividade do milho foi possível observar que a maior produção de milho ocorreu no sistema de PD quando comparado ao SCC, submetido a aração e gradagem. Também foi constatado que no PD foram encontrados maiores quantidades de carbono orgânico no solo em camadas superficiais (MUNIZ et al., 2014).

Desse modo, a agricultura conservacionista está sendo disseminada como uma maneira de fortalecer a sustentabilidade da produção agrícola, especialmente por meio da conservação de recursos naturais (SAPKOTA et al., 2015).

2.2.1 Sistema de Cultivo Mínimo

O CM também é conhecido como preparo reduzido e pode considerado um sistema intermediário entre o CC e o plantio direto (PD), onde o uso de mecanizações e operações agrícolas é mínimo, ou seja, o número de arações, gradagens, reparos e manutenções são reduzidos (MEDEIROS et al., 2016; PEDROSA, 2014). De uma forma geral, esse tipo de manejo possui vantagens e desvantagens em relação ao CC, pois, ele utiliza as mesmas técnicas diferenciando-se apenas da quantidade de operações realizadas (SANTIAGO; ROSSETTO, 2016).

Nas principais culturas tradicionais é comum o uso excessivo e indiscriminado de grades pesadas para revolver o solo como ocorre nos cultivos da soja, trigo, cana de açúcar, algodão etc., e assim também tem sido com o milho nos últimos anos, mas diferentemente do CC, no CM podem ser realizadas gradagens pesadas (em uma única operação), escarificações e gradagens leves (grade niveladora) (ROCHA, 2019; SILVA, 2019).

Os processos realizados no CM têm como objetivo o rompimento das camadas compactadas através da redução da densidade e resistência mecânica do solo à penetração possibilitando o aumento da infiltração de água no solo. Esses fatores contribuem para o crescimento das plantas e avaliação da qualidade física do solo por serem de fácil determinação, o que tem demonstrado interesse pela pesquisa em avaliar sistemas de uso e manejo para analisar a qualidade do solo (HAQUE et al., 2016; BELANGER et al., 2017; BONINI et al., 2012).

A gradagem visa nivelar a camada arável do terreno após o destorroamento do solo feito pela aração e subsolagem, enquanto que a escarificação é uma técnica menos severa para a estruturação do solo, onde seu rompimento ocorre até 0,3 m de profundidade sem inversão dos torrões, promovendo redução da resistência mecânica à penetração, elevada disponibilidade de macronutrientes em maiores profundidades do sistema radicular e resultando em maior produtividade da cultura (AGROSMAR, 2019; SARTORI et al., 2016).

Diante dessas técnicas esse tipo de manejo está associado às práticas conservacionistas do solo junto com o PD. Esses sistemas têm gerado resultados positivos na produtividade da cultura do milho, principalmente quando associados às culturas antecedentes (OLIVEIRA et al., 2017). O uso coberturas vegetais também tem proporcionado melhores índices de desenvolvimento das plantas, redução dos processos erosivos do solo e melhoria dos atributos químicos e físicos (BENETÃO JUNIOR et al., 2018). Por esse motivo, o sistema é visto como uma alternativa de manejo conservacionista em relação ao sistema convencional (FUENTES-LLANILLO et al., 2013).

2.2.2 Plantio Direto

O termo "plantio direto" originou-se no conceito de "no till", que em inglês significa a prática de cultivo inserido diretamente na terra, sem a necessidade de revolver o solo. Essa técnica surgiu na década de 1950 por agricultores ingleses e norte americanos e foi adotada no Brasil na década de 70 por agricultores do Paraná, tornando-os pioneiros na adoção dessa nova tecnologia no país (MOTTER & ALMEIDA, 2015).

Esse sistema é caracterizado pelo manejo do solo no qual se evita a mobilização e conseqüentemente criam-se novas condições ambientais nele auxiliando no controle da erosão, conservação da umidade do solo, melhoria na sua estrutura e nas condições fitossanitárias da cultura, controle de algumas plantas invasoras e maior economia com adubações e operações com máquinas objetivando reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade do solo para alcançar a produção sustentável (BORTOLETI JUNIOR et al., 2015; ALBUQUERQUE et al., 2013).

Ele é associado como uma forma de gestão da terra onde seus princípios são baseados na diversificação de espécies, na mobilização do solo apenas na linha de semeadura, na manutenção do solo coberto e na diminuição dos intervalos de cultivos, afim de, manter ou elevar os níveis de uso sustentável do solo por meio das suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas (PITTELKOW et al., 2014; PEDROTTI et al., 2018).

Vários trabalhos mostram a importância do estabelecimento de culturas sem o revolvimento do solo, demonstrando benefícios como maior conservação da umidade, redução da variação nas temperaturas, redução do custo de cultivo e das perdas de solo, agindo na melhoria dos atributos físico-químicos e biológicos do solo (MATHEW et al., 2012).

Em um estudo realizado por Carvalho et al., (2015) foi possível observar que a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e a crotalária (*Crotalaria juncea*) utilizadas como plantas de cobertura no PD, no final da estação chuvosa, exerceram efeitos positivos no aumento da produtividade de grãos de milho.

É importante ressaltar que a eficiência do sistema está associada ao manejo adequado do solo com uso de práticas conservacionistas mecânicas, edáficas e vegetativas como é o caso das plantas de cobertura, especialmente as leguminosas, cujo são responsáveis por elevar o estoque de nitrogênio no solo através da fixação biológica e ao mesmo tempo possui maior teor de lignina e alta relação lignina/N que resultam na baixa disponibilidade de N no solo (CARVALHO., 2015; VERAS et al., 2016).

Apesar dos inúmeros benefícios promovidos pelo PD como alternativa para a produção sustentável e econômica, maiores informações sobre as técnicas de plantio nesse sistema ainda são escassas tornando a propagação desse tipo de cultivo frágil, onde a ausência de informações possibilita o abandono das lavouras anos após a sua adoção (SALOMÃO, 2020).

2.3 Culturas antecedentes

As culturas antecedentes (CA) denominadas, inicialmente, como plantas de cobertura são caracterizadas como culturas que tem a função de cobrir o solo, protegendo-o contra processos erosivos e lixiviação de nutrientes ou ainda são direcionadas ao pastejo, produção de grãos e sementes, silagem, feno e fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto (LAMAS, 2018). Dessa forma, o seu cultivo se torna uma opção para o produtor em áreas destinadas ao pousio ou anterior as culturas comerciais (WOLSCHICK, 2016).

"O uso de plantas de cobertura em um plano de rotação de culturas é um dos princípios fundamentais para manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que oferecem condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas subsequentes" (PACHECO et al., 2017). No PD elas melhoram as propriedades físicas do solo, aumenta a infiltração de água, reduz a resistência à penetração, propicia incremento na fertilidade do

solo e algumas espécies ainda podem influenciar na redução de infestação de pragas (ALVAREZ et al., 2017; CARVALHO et al., 2015; PATEL & DHILLON, 2017).

Para assegurar o sistema PD, a seleção das espécies de CA devem atender os seguintes parâmetros: alta produção de biomassa na região, boa adaptação, rápido estabelecimento para promover boa cobertura do solo, rusticidade, agressividade, bom desenvolvimento radicular e boa capacidade de absorção e acúmulo de nutrientes (PETRY et al., 2012; SOUZA & GUIMARÃES, 2013).

O solo coberto está protegido de pelo menos cinco fatores de degradação, sendo: o impacto das gotas de chuva, a evaporação, a radiação solar, a disseminação de plantas invasoras e a mineralização intensa, por isso, a qualidade da cobertura é um fator importante para a obtenção de bons resultados no sistema de plantio (PECHE FILHO, 2018).

Em sua maioria os solos brasileiros possuem baixa fertilidade e não dispõem de nitrogênio suficiente para suprir as necessidades das culturas, então altas doses de adubação, principalmente nitrogenada têm sido utilizadas para alcançar elevadas produtividades (NUNES *et al.*, 2015), por isso que, a adoção de práticas de manejo do solo que colaborem com um maior teor de matéria orgânica, que disponibilize fósforo e forneça os minerais necessários para o solo contribuirá de forma positiva com a fertilidade, gerando níveis mais elevados de sustentabilidade das explorações agrícolas (PEDROTTI et al., 2015).

O uso de culturas antecedentes isoladas ou em mix, em consórcio com grãos pode auxiliar na diversificação de culturas semeadas como segunda safra nos sistemas agrícolas, e resultar em maior eficiência de produção de biomassa de qualidade inserida no solo (PACHECO et al., 2017). Os resíduos culturais deixados pelas plantas de cobertura, somados aos resíduos das culturas comerciais em sucessão ou rotação propiciam a recuperação, manutenção e/ou melhorias dos atributos físico-químicos e biológicos do solo, além de potencializar o crescimento das plantas, contribuindo para a consolidação da produção agrícola, sustentabilidade do solo e menor dependência por insumos externos aos agroecossistemas (REDIN *et al.*, 2016).

Segundo estudo realizado por Oliveira et al., (2013) para avaliar o efeito da palhada do feijão comum, milheto e *Brachiaria brizantha* na produtividade do milho foi possível observar maiores produções sob a palhada do feijão comum, não observando diferenças entre o milheto e a *Brachiaria brizantha*. Estes resultados refletiram melhores condições para o desenvolvimento do milho e consequentemente na produtividade por conta da liberação mais

rápida de nutrientes, como o nitrogênio. O feijão também promoveu maior acúmulo de matéria seca nas folhas, colmos e espigas e do índice de área foliar (IAF).

A eficiência dos manejos com culturas em áreas agrícolas ainda envolve conhecer a decomposição, as transformações de carbono, a transferência de nutrientes para o solo de diferentes resíduos vegetais com características químicas e bioquímicas diferentes, sejam de plantas cultivadas para fins comerciais, produção de grãos ou plantas de cobertura (MALUF et al., 2015).

2.4 Fixação Biológica de Nitrogênio com bactérias diazotróficas

O nitrogênio (N) é um elemento químico abundante no planeta e corresponde aproximadamente a 78% de toda a atmosfera sendo encontrado primariamente no estado gasoso em condição natural ($N \equiv N$) e exigido em maiores quantidades pelos vegetais após o carbono, hidrogênio e oxigênio. Este elemento é responsável pelo crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente na constituição da clorofila, fundamental para o metabolismo dos vegetais, em sua maioria (ANDRADE, 2020).

A FBN é considerada o segundo processo biológico mais importante do mundo, após a da fotossíntese (SILVA JÚNIOR et al., 2013). Esse processo é realizado por meio de um complexo enzimático denominado nitrogenase, presente apenas em alguns microorganismos procarióticos, conhecidos como diazotróficos (FREITAS et al., 2015). Algumas bactérias diazotróficas podem estabelecer associação endofítica, isto é, são capazes de colonizar espaços internos da planta e, além da fixação de nitrogênio também proporcionam condições apropriadas para proteger o complexo da nitrogenase à exposição ao oxigênio (SANTI et al., 2013).

A atuação dessas bactérias é influenciada pela dose de N aplicada na lavoura, que varia de acordo com o nível de manejo adotado pelo produtor como a capacidade de investimento dele na cultura, por isso, é importante compreender a influência da adoção de estratégias adequadas para a escolha do inoculante, como a recomendação da dose de N que potencialize o desempenho das bactérias e da cultura para diferentes níveis de investimento em manejo (SANGOI et al., 2015).

A busca por manejos que tenham como objetivo a sustentabilidade ambiental das propriedades tem crescido e umas das alternativas é a otimização da adubação das culturas através do melhor aproveitamento dos nutrientes pela plantas, afim de reduzir as perdas por lixiviação ou volatilização e diminuir a adubação nitrogenada por meio da fixação biológica

(COELHO, 2014). Dessa forma, para reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados e auxiliar no desenvolvimento das culturas, o uso de inoculantes com microrganismos fixadores de nitrogênio vem sendo uma opção para diminuir os custos de produção (RAFFI & CHARYULU, 2021).

Algumas pesquisas tem comprovado que a FBN tem beneficiado o milho (*Zea mays* L.), o arroz (*Oryza sativa*), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o trigo (*Triticum*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*), mas a determinação de um manejo adequado que busque aumentar a eficiência através da viabilização da FBN como fonte de N para as culturas ainda é um grande obstáculo (FERREIRA et al., 2016). Em um estudo realizado por Dartora et al., (2013) cujo objetivo foi avaliar o desenvolvimento e a produtividade do milho em resposta à inoculação de *A. brasilense* e *H. seropedicae* em associação à adubação nitrogenada, foi possível constatar que a combinação entre as estirpes das duas bactérias proporcionou melhor desenvolvimento do milho em relação a testemunha em função da interação diferenciada das bactérias com a cultura proporcionando incrementos no diâmetro basal do colmo, matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de milho.

Além das práticas de manejo, a fixação de N em ecossistemas naturais ou agrícolas são influenciadas pelos fatores ambientais e a recomendação do manejo adequado e os benefícios causados pela associação planta-microrganismo são influenciadas pelo teor de N fixado em diferentes condições sendo fundamental a contabilização desses teores (FREITAS et al., 2015).

O uso do *Azospirillum* no milho também pode influenciar nos parâmetros fisiológicos, incrementando o teor de clorofila e melhorando a condutância estomática, resultando na produção de biomassa, altura das plantas e produtividade. O uso destas bactérias, além de fazerem a fixação biológica de nitrogênio, contribui para o desenvolvimento das raízes, absorção de nutrientes e consequentemente no desenvolvimento das plantas, mas apesar desta prática contribuir com o fornecimento de N para o milho, ela não substitui a adubação nitrogenada totalmente (SKONIESKI et al., 2017; MORAIS et al., 2017).

3. Parâmetros para determinação da qualidade da forragem

3.1 Atributos do solo

A fertilidade do solo é a principal fonte de nutrientes das plantas sendo essencial para o seu crescimento e desenvolvimento. Dentre eles, o fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) são considerados mais importantes e facilmente mensuráveis, mas a

disponibilidade e a relação entre eles também são fatores a serem considerados, como o cálcio, por exemplo, onde a relação Ca:Mg deve ser de 2:1 a 3:1, devido a maior exigência das plantas por esse nutriente e ele desempenhar função na estrutura e processos metabólicos e auxiliar na produtividade das culturas (MANUAL..., 2017; RAIJ, 2011; TAIZ & ZEIGER, 2013).

A eficiência do solo ocorre em torno da atividade química e biológica executada pelos organismos que nele habitam e/ou são encontrados momentaneamente. Os fluxos energéticos, assim, como as etapas relevantes do ciclo do sistema são regulados pela ação conjunta da biodiversidade (KNAACK, 2019). A qualidade e a saúde do solo podem ser vistas como sinônimos, mas, enquanto a qualidade refere-se a capacidade do solo em atender as necessidades humanas sobre como preservar a produtividade, a saúde está relacionada com a capacidade contínua dele em sustentar o desenvolvimento das plantas e manter suas funções (CHERUBIN, 2017).

Os solos de regiões de clima tropical naturalmente possuem condições químicas desfavoráveis ao desenvolvimento e rendimento de culturas agrícolas com eficiência produtiva, mas estas deficiências podem ser corrigidas com a correção do pH do solo, adubação e calagem (KAZMIERCZAK, 2018; RAIJ, 2011). A qualidade é avaliada por indicadores químicos relacionados a sua capacidade em fornecer nutrientes para as plantas e reter elementos químicos ou compostos danosos ao meio ambiente e ao crescimento das culturas, sendo estes os principais: pH, capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e os níveis de nutrientes (CARDOSO et al., 2013).

O pH refere-se a concentração de H^+ no solo e é um dos parâmetros mais importantes para a determinação da fertilidade por controlar a solubilidade de íons metálicos, neste caso, o Al, Mn, Fe, Cu, Zn e Mo, a disponibilidade de nutrientes, a presença e atividade de microrganismos, enquanto a capacidade de troca catiônica (CTC) mede a quantidade total destes elementos retirados na superfície das argilas ou colóides minerais orgânicos que existem no solo (OLIVER et al., 2013; RAJJ, 2011). A saturação por bases (V%) representa a porcentagem da CTC do solo ocupada pelo Ca, Mg e K e são elementos importantes para conhecer o nível de fertilidade, onde a V% baixa representa maior adsorção de Al^{3+} e H^+ e menor de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos colóides do solo. Nestas condições é comum encontrar altos valores de saturação por alumínio (m) e ele sendo tóxico pode comprometer o desenvolvimento radicular das plantas (MANUAL..., 2017).

À medida que os processos para aumentar a produtividade dos grãos e da forragem evoluíram também existiu a preocupação com as exigências nas melhorias físicas e químicas do solo com o uso da rotação de culturas, adoção do PD e nutrição das plantas. Estes fatores estão relacionados com a forma correta de quantificar as adubações e necessidade hídrica pelas culturas, sendo importante a realização de um diagnóstico do solo e do clima para auxiliar na tomada de decisões que garantam o sucesso da cultura (FÔNSECA, 2014).

Nos último tempos, estudos sobre os sistemas sustentáveis na agricultura tem ganhado destaque na literatura científica, cujo resultados variam de acordo com as condições ambientais e climáticas e tipo de estratégia utilizada. Mas, também é necessário que estes sistemas incorporem a engenharia ecológica do solo para que os benefícios dos processos naturais sejam totalmente alcançados, e para isso é importante a compreensão sobre os processos edáficos (GUIMARÃES, et al., 2021; BENDER et al., 2016).

As análises biológicas são indicadores de avaliação da qualidade do solo importantes, pois, revelam o comportamento biológico diante das modificações realizadas no manejo da área, tornando-se uma importante ferramenta das variáveis de qualidade do sistema (MENDES, 2015). Mesmo assim, a microbiologia dos solos brasileiros ainda é pouco conhecida e limitada, principalmente pela grande extensão territorial do país, onde grandes esforços seriam necessários para a coleta de amostras que representem os principais biomas e o acesso restrito em áreas mais distantes do Brasil, além de os biomas mais explorados serem de origem antrópica e ocorrerem em diferentes tipos de solos (ANDREOTE, 2016).

3.2 Produtividade da forragem

A exploração do ambiente produtivo por um longo período e de forma diversificada potencializa a produtividade otimizando e beneficiando o uso dos recursos naturais com menor ocorrência de plantas invasoras e doenças, melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, estabilidade financeira, aumento da renda e menor dependência do clima para ter bom êxito na atividade agrícola (CORDEIRO et al., 2015).

Uma gestão de produção e uso de forragem eficiente é fundamental para a escolha de componentes que apresentem bom desempenho, com definição da distribuição espacial das culturas e as práticas de manejo que auxilie em uma produção mais eficaz (MOREIRA, 2018). É fundamental que para isso os processos e mecanismos fisiológicos das plantas que influenciam e determinam o seu crescimento e desenvolvimento sejam conhecidos. A análise de crescimento é uma forma de compreender as respostas morfofisiológicas das culturas às

condições do meio e manejo proporcionando que práticas de manejo sejam desenvolvidas e garantam altas produtividades (CARVALHO; PEDREIRA; TONATO, 2012).

A produção forrageira depende de técnicas e manejo utilizados adequadamente, principalmente relacionado ao arranjo espacial entre linhas e de genótipos adaptados e produtivos (LIMA et al., 2016). No Brasil, 99% dos genótipos de milho são recomendados para produção de grãos, 41% para grãos e silagem e menos de 1% são recomendados, especificamente para a produção de silagem ou milho verde (CARVALHO et al., 2014).

Diante desse fato, a produção de forragem se torna um subproduto da exploração do milho em grãos, já que o produtor fica condicionado a escolher genótipos de duplo propósito, resultando na elevação dos custos de produção ou redução da produtividade, apesar de efeitos contrários acontecerem se houver um planejamento da atividade (PARIZ et al., 2009; CARVALHO et al., 2014).

Os genótipos destinados a forragem devem ser adaptados às características edafoclimáticas da região da área de cultivo, apresentar elevada produção de grãos na massa seca total, colmos e folhas mais digestíveis, alta produção total de massa seca (LINS, 2017) caracterizado geralmente pelo número de plantas por unidade de área e identificar as suas exigências quanto aos recursos naturais e práticas de controle de ervas invasoras, pragas e doenças. Nota-se que pequenas variações na densidade têm reflexo na eficiência de reprodução final da cultura (SCHIEBEL-BEIN, 2017; CRUZ; PEREIRA FILHO; ALBUQUERQUE, 2018).

Elevadas temperaturas associadas a altos índices de umidade relativa e radiação solar provocam transtorno ao equilíbrio das plantas aumentando os processos metabólicos de respiração e transpiração, e gera gasto de energia para suprir maiores demandas reduzindo a produtividade (MISHRA et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2015).

O milho consegue ter um bom desenvolvimento e produzir de forma satisfatória quando submetidos a ambientes entre 25°C a 30°C e fornecimento hídrico entre 350-500 mm sem a necessidade de irrigação. Temperaturas do solo menores a 10°C ou superiores a 40°C causam dano à germinação das sementes, pelo fato delas permanecerem respirando durante a noite enquanto o processo fotossintético é interrompido e os produtos metabólicos elaborados durante o dia serão utilizados nesse período provocando a queda da produção (LANDAU et al., 2012).

A radiação solar também é responsável pelo desenvolvimento das plantas, ou até pode ser um elemento estressante para ela. A radiação é essencial para o processo fotossintético e as

oscilações podem influenciar na transformação do gás carbônico (CO₂) atmosférico em energia, alterar a produção de carboidratos e consequentemente a produção de biomassa nas plantas (TAIZ; ZIEGER, 2013). A inibição da fotossíntese pela radiação provoca alteração na fixação de CO₂ e queda na produtividade do milho, sendo ela responsável por 90% da matéria seca da planta. A maturação do cereal também é retardado quando recebe menos de 30% a 40% de radiação, ainda mais pelo fato do período de pré-florescimento e enchimento dos grãos corresponder ao maior período de absorção de radiação pela cultura tornando o período decisivo para o sucesso da produção (BEVILACQUA, 2012; RODRIGUES et al., 2011).

A precipitação pluviométrica associada a temperatura, umidade relativa do ar e evapotranspiração influencia na umidade do solo e juntos são fatores importantes no desenvolvimento do milho e desenvolvimento dos processos fisiológicos, principalmente nas fases de reprodução (polinização e florescimento) e maturação (formação e enchimento dos grãos) por ser o período de maior exigência hídrica e quando não disponível o rendimento agrícola é afetado (VENÂNCIO & GALVANI, 2019).

3.3 Composição bromatológica da forragem

As recomendações nutricionais tem como objetivo fornecer os nutrientes necessários e utilizados durante os ciclos vegetativos e/ou reprodutivos das plantas e a identificação dos insumos a serem utilizados de forma mais econômica ao sistema solo-planta são baseadas na análise de solo e associadas aos teores nutricionais das culturas (ROSA, 2017).

Essa aptidão de retirada dos nutrientes do solo e as quantidades requeridas pelas plantas variam de acordo com o híbrido utilizado, mas depende do grau de competição que existe, do clima e sistema de cultivo adotado. Essas condições influenciam tanto a disponibilidade como a absorção de nutrientes pelas raízes e em consequência, o desenvolvimento da parte aérea das culturas (MARSCHNER, 2012).

Nos sistemas de produção a nutrição animal é baseada no fornecimento de leguminosas e gramíneas compostas por diferentes valores nutricionais à partir da espécie ou cultivares utilizadas, componentes da planta, estágio de desenvolvimento e condições edafoclimáticas ao qual são submetidas e estas podem influenciar no consumo do animal e afetar diretamente o seu desempenho (SANTOS et al., 2011; MEDEIROS, 2017).

O consumo, a digestibilidade, o suprimento de nutrientes e utilização são fatores diretamente ligados ao desempenho animal, enquanto o valor nutritivo é caracterizado pela composição de nutrientes dos alimentos sendo considerados parâmetros de avaliação da

qualidade da forragem (FONTANELI et al., 2012). Esta qualidade ainda pode ser influenciada pela composição da planta inteira como das frações com suas respectivas proporções, principalmente as culturas destinadas ao processo de ensilagem, mas também a composição dos componentes da planta podem estar mais ligada a qualidade do material do que as proporções entre elas (VEIGA et al., 2009; SOUZA FILHO et al., 2011).

Os nutrientes são transportados do solo para a planta através de mecanismos de interceptação radicular, difusão e fluxo de massa, sendo este último responsável pelo transporte do nitrogênio junto com a água para as raízes em função da transpiração da planta, então quando a planta não estiver transpirando ou houver pouca água no solo, a absorção de nitrogênio será prejudicada (ROSOLEM & BOGIANI, 2014).

A determinação do teor de proteína na planta ocorre pela mensuração do percentual de folhas e colmos, onde a maior relação do colmo possui baixos teores de proteína e pode estar ligada as altas densidades de cultivo e competição por luz e nutrientes, comprometendo a quantidade de proteína bruta (PB) na planta inteira. Estes valores quando inferior a 7% limitam a capacidade de utilização dos carboidratos fibrosos da forragem pelos microrganismos do rúmen (BORGHI et al., 2007; DETMANN et al., 2011)

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), representado pelas frações de hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) da parede vegetal da planta tem correlação negativa com o consumo de matéria seca (MS) pelo animal, enquanto a fibra em detergente ácido (FDA) corresponde as proporções de CEL e LIG estão ligados à digestibilidade do alimento e interferem na determinação dos nutrientes digestíveis totais (NDT), à medida que a cultura atinge a maturidade fisiológica (VAN SOEST, 1994; WATTIAUX, 2006; BORGHI et al., 2007).

A produção de forragem de milho impulsiona mais a retirada de grandes quantidades de nutrientes durante o corte do que quando cultivadas para a produção de grãos, isto porque com a retirada dos grãos a palhada é desprezada permanecendo no solo para a ciclagem de nutrientes através da decomposição, contrário do que ocorre quando colhida inteiramente (folhas+espigas) (RESENDE et al., 2016; MARTIN et al., 2011).

A temperatura também é um dos fatores que mais influenciam na qualidade forrageira quando comparado a outros fatores ambientais isolados, ela interfere na maturidade das plantas estando ligadas ao seu crescimento e através das suas alterações estruturais ocorre a elevação de compostos como a celulose, hemicelulose e a lignina e simultaneamente reduz os níveis de conteúdo celular como os carboidratos solúveis, proteína, minerais e vitaminas

(BUXTON & FALES, 1994). Neste caso, tanto a temperatura do ar quanto do solo são fatores importantes para o crescimento vegetal e estão ligados à espécie, variedade e idade da cultura (MILITÃO, 2017). Ambiente que apresente temperatura superior a 35°C resulta na diminuição da redutase do nitrato (NO₃) e pode modificar a composição de proteína dos grãos (FONSECA, 2014).

REFERÊNCIAS

- AGROSOMAR. **Conheça agora os principais sistemas de preparo do solo.** in: Agrosomar. São Paulo, 15 out. 2019. Disponível em: <https://blog.agrosomar.com.br/sistemas-de-preparo-do-solo/>.
- AGUIAR, F. R., FRANÇA, A. C., CRUZ, R. S., SARDINHA, L. T., MACHADO, C. M. M., FERREIRA, B. O., ARAÚJO, F. H. V. Yield and quality of sugar beets submitted to different fertilization management and residual effect on succession maize production. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 06, n. 01 p. 060-070, 2021. doi:10.24221/jeap.6.1.2021.3043.060-070
- AKUNE, V. S. C. **Cultivo de milho verde em sucessão ao arroz no Vale do Ribeira, SP: subsídios para adoção de zonas de manejo.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2015.
- ALBUQUERQUE, A. W., SANTOS, J. R., MOURA FILHO, G. E REIS, L. S. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 721-726, 2013.
- ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; PEREIRA FILHO, I. A.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. **Preparo convencional do solo.** 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html
- ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; PAEPE, J. L. de. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: a meta-analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 170, p. 53-65, 2017. DOI: 10.1016/j.still.2017.03.005.
- ANDRADE, O, C, S. **Fixação biológica de nitrogênio (FBN): Entenda esse processo e sua importância para as plantas.** 17 de Jul.2020. Disponível em: <https://www.3rlab.com.br/2020/07/17/fixacao-biologica-de-nitrogenio-fbn-entenda-esse-processo-e-sua-importancia-para-as-plantas/>
- ANDREOTE, F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Introdução à biologia do solo. In:_____.(org.). **Microbiologia do solo.** Piracicaba: ESALQ, 2016 p. 9-22.
- ASSUNÇÃO, S. J. T. **Sustentabilidade do uso de tecnologias para o cultivo de milho verde nos tabuleiros costeiros em Sergipe.** São Cristóvão, 2018. 206 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, UFS.
- BELANGER, E.; LUCOTTE, M.; MOINGT, M.; PAQUET, S.; OESTREICHER, J.; ROZON, C. Altered nature of terrestrial organic matter transferred to aquatic systems following deforestation in the Amazon. *Applied Geochemistry*, v. 87, p. 136-145, 2017.
- BENDER, S. F., WAGG, C., VAN DER HEIJDEN, M. G. A (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. **Trends in Ecology & Evolution**, 31(6), 440-452.

BENETÃO JUNIOR, C. R.; SIERAKOWSKI, J. P.; BACON, E. C.; SKARABOTO, F. F.; LOPES, R. A. P.; PINHERIO NETO, R. Initial development of cassava plants in a minimum cultivation system and conventional preparation with different types of vegetative cover. **Revista Ingeniera y Region**, v.20. p.35-39. Julio - Diciembre de 2018.

BEVILCQUA, L. B. **Sazonalidade da concentração de CO₂ atmosférico em uma área agrícola no RS**. Santa Maria, 2012. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

BORGHI, E.; MELLO, L. M. M.; BERGAMASCHINE, A. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.4, p.465-471, out-dez, 2007.

BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇAVES, L. G.; RIBEIRO, M. A. R.; AFONSO, R. O.; SANTOS, R. F.; SOUZA, C. S. S. A importância do plantio direto e do plantio convencional e suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**: Três Lagoas, MS. v.13. n.1. 2015.

BROWN, M. **SmartFarming - Automated and Connected Agriculture**. Disponível em: <https://www.engineering.com/story/smart-farming-automated-and-connected-agriculture>

BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. IN: G. C. Fahey Jr. (ed.) Forage quality, evaluation and utilization. **National conference on forage quality**. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA. p. 155-199. 1994.

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289, 2013.

CARVALHO, M. S. S.; PEDREIRA, C. G. S.; TONATO, F. Análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* submetidos a frequência de colheita. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.69, n.1, p.041-049, jun./jul., 2012.

CARVALHO, E. V. et al. Adaptabilidade na produção de massa verde e grãos de genótipos de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.4, p.856-862, 2014.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R., REIN, T. A., DANTAS, R. A., SILVA, R. R., SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.50, n.7, p.551-561, 2015.

CARVALHO, N. S.; OLIVEIRA, A. B. B.; PESSOA, M. M. C.; COSTA NETO, V. P. C.; SOUSA, R. S. de; CUNHA, J. R. da; COUTINHO, A. G.; SANTOS, V. M. dos; ARAÚJO, A. S. F. de. Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 10, n. 43, p. 4076-4081, 2015. Disponível em: 10.5897/AJAR2015.9885.

CHERUBIN, M. R.; TORMENA, C. A.; KARLEN, D. L. Soil quality evaluation using the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in Brazilian Oxisols with contrasting texture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2017. v. 41, p. 1–18.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de Urochloas com milho em sistema de plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciências do Solo) - Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. Brasília, DF: EmbrapaMilho e Sorgo, 2014. 17 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A Cultura do Milho: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2007 a 2017**. Compêndio de estudos, Brasília, v.14, 2018.

_____. **Séries históricas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em: 28 jan. 2022.

COHIDRO. Cohidro estima produção de 1.795 T de milho verde irrigado para o período junino: Agricultores de quatro perímetro devem colher 2,3 milhões de espigas em área superior a 120 ha, no período. Aracaju, 2021. Disponível em: <https://cohidro.se.gov.br/?p=21418>

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2019. p. 45. (Desafios do Agronegócio Brasileiro - NT2). Disponível em: ARTIGO MILHO Versão Final 19 fevereiro 2019_rev_ort_bib.ACSB (embrapa.br).

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; GERALDOBUENO MARTHA JÚNIOR. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, jan./ago. 2015

CORSINI, D. C. D. C. **Coberturas vegetais e modos de inoculação com *azospirillum brasilense* em milho sobre três sistemas de preparo de solo**. 2018. p. 139. Tese (Doutorado em Agronomia). - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira. 2018

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBURQUERQUE FILHO, M. R. **Espaçamento e densidade**. AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2018.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; ZORZI, K.; MANTOVANI, H. C.; BAYÃO, G. F. V.; GO-MES, M. P. C. Degradação in vitro da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função da suplementação com proteína verdadeira e/ou nitrogênio não protéico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1272-1279, 2011.

EICHOLZ, E. D.; PEREIRA, L. R. Produtividade de variedades de milho de polinização aberta no RS. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo: Milho e Sorgo as inovações mercados e segurança alimentar, 31., 2016. Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1055586/produtividade-de-variedades-de-milho-de-polinizacao-aberta-no-rs>.

_____. **FAO no Brasil: Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos.** Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/901168/>

_____. **El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2019: Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía.** Roma: FAO, 2019. ISBN 978-92-5-131600-9. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>

_____. **Food Outlook – Biannual report on global food markets.** May 2019. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <https://oiebulletin.fr/wp-content/uploads/bulletins/panorama-2020-1-en.pdf>

FERREIRA, P. A. A.; SOARES, C. R. F. S.; AEMAS, R. D.; RANGEL, W. M.; REDINS, M. Benefícios do uso de inoculantes bacterianos e os impactos sobre o consumo de fertilizantes nitrogenados no Brasil. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água.** Porto Alegre: UFRRS, 2016. p.65-86.

FONSÊCA, A. C. **Avaliação agronômica e nutricional do milho 30f35hr e suas silagens em quatro estádios de maturação.** 2014. p.45. TCC (Departamento de Zootecnia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2014.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; DÜRR, J. W. QUALIDADE E VALOR NUTRITIVO DE FORRAGEM. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S (org.). **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-brasileira.** 2 ed. Brasília: Embrapa Trigo, 2012. p. 27-50.

FREITAS, A.D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, C. E. R. S.; SILVA, A. F.; SOUZA, R. J. C. Fixação biológica de nitrogênio no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 08, número especial IV SMUD (2015) 585-597

FREITAS, F. **Sistema de Plantio: Direto X Convencional.** Laborgene Agrogenética, 2019. Disponível em: <https://www.laborgene.com.br/sistema-de-plantio/>.

FUENTES-LLANILLO, R.; GUIMARÃES, M. de F.; TAVARES FILHO, J. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.5, p.524-530, 2013

GALVÃO, D. C. **Estratégia de uso de água salina na irrigação do milho AG 1051**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2014.

GUIMARÃES, S. A.; GUIMARÃES, L. J. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; TRINDADE, R. S.; GUIMARÃES, P. E. O.; SIMEONE, M. L. F.; SILVA, K. J. **Caracterização de híbridos de baixo custo de sementes para produção de silagem**. In: Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, 17., 2019, Sete Lagoas: [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: Alice: Caracterização de híbridos de baixo custo de sementes para produção de silagem. (embrapa.br). Acesso em: 07 de Agosto de 2021.

HAQUE, M. E.; BELL, R. W.; ISLAM, M. A.; RAHMAN, M. A. Minimum tillage unpuddled transplanting: an alternative crop establishment strategy for rice in conservation agriculture cropping systems. *Field Crops Research* , v. 185, p. 31-39, 2016.

HIRAKURI, M. H.; PROCÓPIO, H. D. S. de O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO C. de. **Sistemas de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2012.

IBGE. **Malha Municipal Digital do Brasil**. Rio de Janeiro, 2015.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=28

KAZMIERCZAK, R. **Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo em sistemas de preparo**. 2018. p.102. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

KNAAK, N.; CARDOSO, L. R. R.; TRINDADE, J. K. Macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. In: XI Congresso Brasileiro Ar-roz Irrigado: inovação e desenvolvimento, 11, 2019. **Anais...** Balneário Camburiú, 2019.

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?** 2018. Disponível em: Artigo - Plantas de cobertura: O que é isto? - Portal Embrapa

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho**. 8^a ed. Sete Lagoas:Embrapa soja, 2012. (Sistema de Produção, 1.).

LINS, F. J. A. **Efeito de doses de nitrogênio na produção de forragem e de grãos de genóti-pos de milho sob condições de superadensamento**. 2017. p. 52. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas. 2017.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, L. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, p. 1-13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140718>

LUDWIG, L.; GAYER, T. O.; FRAPORTI, L.; KASPER, N. F.; KROLOW, R. H.; CASTAGNARA, D. D. Impacto de inoculantes microbiano e enzimático na qualidade nutricional de silagens de milho maximus. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n.2, 2019.

LUZ, J. M.; CAMILO, J. S.; BARBIERI, V. H.; RANGEL, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 163–167, 2014.

MACEDO, D. V., MONTEIRO, L. A., SANTOS, V. C. **Compactação, escarificador e subsolador: identificação, prevenção e correção da compactação através do uso de subsoladores e escarificadores**. [S.I.]: Novas Edições Acadêmicas, 2016. Disponível em: 20160503104319.pdf (ufc.br)

MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R. S.; NEVES, J. C. L.; SILVA, L. O. G. Decomposição de Resíduos de Culturas e Mineralização de Nutrientes em Solo com Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.39, n.2, p.1681-1689, 2015.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DO PARANÁ. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Curitiba, PR: SBCS/NEPAR, 2017.

MARINI, W. Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo e maior exportador de carne bovina. **Diário do grande ABC**, Santo André, 07 jun. 2021. Disponível em: <https://www.dgabc.com.br/Noticia/3726498/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-do-mundo-e-maior-exportador-de-carne-bovina>. Acesso em 07 jul. 2021.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; ARAUJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa Solos, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>

MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. Austrália: **Elsevier**, 2012. 651 p.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R. ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO:PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.173-220.

MATHEW, R. P.; FENG, Y.; GITHINJI, L.; ANKUMAH, R.; BALKCOM, K. S. **Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities**. Applied and Environmental Soil Science, USA, v. 2012, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/aess/2012/548620/>>

MEDEIROS, W. N.; MELO, C. A. D.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, G. S.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A. Initial growth and nutrient concentration in Eucalyptus x grandis clones under weed interference. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n.1, p. 147-157, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509821099>

- MEDEIROS, A. S. **Produção de biomassa e composição químico-bromatológica de *Desmanthus pernambucanus*(L.) Thellung submetida a crescentes níveis salinos.** 2017, p.66. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2017.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.32, n.1/2, p.191-209, 2015.
- MENEGALDO, J. G. **A importância do milho na vida das pessoas.** Teresina: Embrapa Meio Norte. 2011.
- MILITÃO, E. R. **Microclima e qualidade de forragens em sistema silvipastoril agroecológico em função do tempo de repouso do pastejo e sombreamento.** 2017, p. 76. Dissertação(Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.
- MISHRA, A. K., TIWARI, H. S., BHATT, R. K., 2010. Growth, biomass production and photo-synthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based silvopastoral systems in semi arid tropics. *J. Environ. Biol.* 31, 987–993.
- MORAIS, G. P.; GOMES, V. F. F.; MENDES FILHO, P. F.; ALMEIDA, A. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. M. T. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 109-116, 2017.
- MOREIRA, E. D. S. **Produtividade e Valor nutritivo de *Urochloa brizantha* cv. Piatã e Qualidade do Solo em Sistemas Silvipastoris na Região Central de Minas Gerais.** 2018.p. 135. Tese (Doutorado em Zootecnia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GE-RAIS. Belo Horizonte, 2018.
- MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira.** Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.
- MUNIZ, A. W.; GONÇALVES, J. R. P.; OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.. **Sistema plantio direto: conservação do solo e produção sustentável de grãos em terra firme do Amazonas.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 6 p.
- NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; RAMOS, H. M. desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p. 94-108, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p94-108>.
- NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39: p. 174-82, 2015.
- OLIVEIRA, E.P.; SANTOS, W.F.S.; SANTOS, L.F.S.; MACIEL, L.C.; SILVA, R.M.; VIEIRA, L.S. Teores de lipídeo e proteína em grãos de milho visando aplicação industrial.

Revista de Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada. Araraquara, v.37 Supl. 1, agosto, 2016.

OLIVEIRA, F. C. C.; PEDROTTI, A.; FELIX, A. G. S.; SOUZA, J. L. S.; HOLANDA, F. S. R.; MELLO JUNIOR, A. V. Características químicas de um Argissolo e a produção de milho verde nos Tabuleiros Costeiros sergipanos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** v.12, n.3, p.354-360, 2017.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Controle de Plantas Daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia.** p. 196. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103281/control-de-plantas-daninhas-metodos-fisico-mecanico-cultural-biologico-e-alelopatia>

OLIVER, D. P.; RIQUEZAS, D.; BRAMLEY, R. G. V.; EDWARDS, J.; WHITE, R. E.; RAWNSLEY, B. Review: soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. **Australian Journal Of Grape And Wine Research**, [s.l.], v. 19,n. 2, p.129-139, 27 mar. 2013.

PACHECO, L. P., MIGUEL, A. S. D. C. S., SILVA, R. G. D., SOUZA, E. D. D., PETTER, F. A., & KAPPES, C. (2017). **Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 52, 582-591

PAES, M. C. D. Aspectos físicos. In: CRUZ, J. C.; KARAN, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 47-61.

PARIZ, C. M. et al. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.9, n.4, p.360-370, 2009.

PATEL, S.; DHILLON, N. K. Evaluation of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) as green manure /amendment and its biomass content on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in successive crop brinjal. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, San Jose, v. 5, n. 6, p. 716-720, 2017.

PECHE FILHO, A. **Qualidade da cobertura do solo no Sistema plantio Direto.** 2018. Disponível em: Qualidade da cobertura do solo no Sistema Plantio Direto - Jornal Dia de Campo.

PEDROSA, M. G. **Culturas anuais.** Brasília: NT Editora. p.161, 2014. Disponível: <https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/arquivos/arquivosPorRange/0000000741/texto/08943f973c61d8010128c6e03a6f2587.pdf>

PEDROTTI, A.; ACIOLE, F. M. S.; SILVA, T. O.; ARAÚJO, E. M.; SANTOS, D.; MELLO JUNIOR, A. V. Manejo do solo e de culturas de antecessão sobre a produtividade do milho em experimento de longa duração. **Magistra**, v. 25, n. 3/4, p. 220–227, 2013.

PEDROTTI, A., SILVA, T. O., ARAÚJO, E. M., ARAÚJO FILHO, R. N., HOLANDA, F. S. R. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a

culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 27, n.3/4, p. 292-305, Jul./Dez.2015.

PEDROTTI, A.; ARAÚJO FILHO, R. N.; ASSUNÇÃO, S. J. R.; RESENDE, S. C. Productivity of Sweet Maize (*Zea mays* L.) under Previous Crops and Cropping Systems in the Brazilian Northeast. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.26, p.1-9, 2018.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; SILVA, A. R. da; COSTA, R. V. da; CRUZ, I. **Milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em: <
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/Abertura.html>>.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de Milho: nova safra, novas cultivares e contínua a dominância dos transgênicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 59, Maio, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 251).

PETRY, H. B., KOLLER, O., BISSANI, C. A., SANTARROSA, E., CASAMALI, B., LAUX, L. C., & SCHWARZ, S. F. (2012). **Adubação com compostos orgânicos e cobertura verde do solo em pomar de tangerineiras sob cultivo orgânico**. Embrapa Clima Temperado- Artigo em periódico indexado (ALICE).

PEZZOPANE, J. R. M., BOSI, C., NICODEMO, M. L. F., SANTOS, P. M., CRUZ D, P.G., PARMEJANI, R. S., 2015. **Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in south-eastern Brazil**. *Bragantia* 74, 110–119.

PITTELKOW, C. M.; LIANG, X.; LINQUIST, B. A.; GROENIGEN, K. J. V.; LEE, J.; LUNDY, M. E.; GESTEL, N. V.; SEIS, J.; VENTÉREA, R. T.; KESSEL, C. V. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. **Nature**, New York, v. 517, p. 365–367, 2014. Disponível em:
<https://doi.org/10.1038/nature13809>

PROCÓPIO, S. O.; CRUZ, M. A. S.; ALMEIDA, M. R.; JESUS JÚNIOR, L. A.; CARVALHO, H. W. L. **Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 62, Dez 2019. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos 221).

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2011.

REDIN, M.; GIACOMINI, S. J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKHARDT, D. P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRRS, 2016. p.07-22.

REIS, D. P. **Produtividade de milho e ecologia microbiana da rizosfera de plantas sob diferentes métodos de inoculação e níveis de nitrogênio**. 2015. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125258/1/Ivanildo-Dissertacao-Denise.pdf>

RESENDE, A. V.; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. O.; MOREIRA, S. G.; GONTIJO NETO, M. M. **Requerimentos Nutricionais do Milho para Produção de Silagem. Sete Lagoas: Embrapa. (Circular técnica 221). Dez2016. Disponível em: CircTec221_Alvaro.indd (embrapa.br).**

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, Y. D; ESPINOSA, J. V. **Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2., 2018, Catalão. *Anais [...]* Catalão: [s. n.], 2018.

ROCHA, S. R. **Indicadores físicos de qualidade de um latossolo sob diferentes sistemas de uso e manejo.** 2019. p. 38. Trabalho de Conclusão de Curso (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia_ - Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

RODRIGUES, L. R., SILVA, P. R. F. **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2011/2012 e 2012/2013.** REUNIÃO TÉCNICA ANUALDE MILHO 56 (2011).

ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*.** 2017. p. 101. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2017.

ROSOLEM, C. A.; BOGIANI, J. C. Nutrição e estresses nutricionais em algodoeiro. In: RO- SOLEM, C. A.; KAWAKAMI, E. M.; CHIAVEGATO, E. J.; ECHER, R. F.; BRITO, G. G.; CARVALHO, H. DA R.; SNIDER, J. L.; BOGIANI, J. C.; BERNARDES, M. S.; YEATES, S. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes.** Cuiabá: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. p. 103-121.~

SALOMÃO, P. E. A. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v.9, n.1, 2020.

SAMPAIO, D.B.; ARAUJO, A. S. R. de; SANTOS, V. B. Avaliação de Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo Sob Sistemas de Cultivo Convencional e Orgânico de Frutas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SANTANA, A. P. S. **A diversificação de cultivos na sustentabilidade da agricultura familiar no município de Lagarto-SE.** 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 111, n. 1, p. 743-767, 2013.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETO, R. **Preparo do Solo.** 2016. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/COntag01_20_711200516716.html>.

SANTOS, C. Níveis tecnológicos dos Agroecossistemas do milho no estado de Sergipe. 2012. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/4190>

SANTOS, N. L.; AZENHA, M. V.; SOUZA, F. H. M.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Fatores ambientais e de manejo na qualidade de pastos tropicais. **Eciclopedia Biosfera**, Centro Ci-entífico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.13; 2011 Pág 531-549.

SAPKOTA, T.K.; JAT, M.L.; ARYAL, J.P.; JAT, R.K.; KHATRI-CHHETRI, A. 2015. Climate change adaptation, greenhouse gas mitigation and economic profitability of conservation agriculture: Some examples from cereal systems of Indo-Gangetic Plains. **Journal of Integrative Agriculture** 14: 1524-1533.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; DAVID, R.; DONATO, G.; COELHO, L. L.; AIRES, N. P.; ARAMBURU, B. B. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 492-498, 2016.

SCHIEBELBEIN, L. M. **Atributos físicos do solo e cobertura de inverno sobre a disponibilidade de água e os componentes de rendimento do milho**. 2017. p. 235. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2017.

SILVA JÚNIOR, E. B.; FERREIRA, A.; BODDEY, M. R.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R. Ontogenia da nodulação de feijão-caupi em vaso com solo da área de produção do Centro-Oeste. In: III Congresso Nacional de feijão-caupi. Recife. **Anais...** Recife: IPA, 2013.

SILVA, L. C. **Susceptibilidade à compactação de um latossolo vermelho amarelo submetido a um sistema de cultivo mínimo**. 2019. p.39. Monografia (Monografia em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2019.

SILVEIRA, B. S.; TORRES, J. L. R.; ORIOLI JÚNIOR, V.; FAVARO, J. H. S.; COSTA, L. L.; CHARLO, H. C. O. 2021. Cover crops in the production of green and sweet corn. **Horticultura Brasileira** v. 39, n. 1, p. 094-0101, january/march 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210114>

SKONIESKI, F. R.; VIÉGAS, J.; MARTIN, T. N.; NORNBERG, J. L.; MEINERZ, G. R.; TONIN, T. J.; BERNHARD, P.; FRATA, M. T. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 9, p. 722-730, 2017.

SOARES NETO, J. C.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, W. M.; BARROS, D. T. S. B.; SOUZA, A.; ALBUQUERQUE NETO, J. C. Performance of irrigated green corn cultivars in different plant populations at sowing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 267-272, 2017.

SOUZA, V. F.; CARDOSO, M. J.; FERREIRA, J. D. M. Cultivares de milho-verde e suas características agrônomicas. In: SOUSA, V. F.; ZONTA, J. B. Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense. São Luís: Embrapa Cacaís, 2020. p.39-43. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132153/1/CultivoMilhoVerdeIrigadoBaixadaMaranhense.pdf>

SOUZA FILHO, A. X. et al. Influence of stage of maturity on bromatological quality of cornforage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n.9, p.1894-1901, 2011.

SOUZA, J. L., GUIMARÃES, G. P. (2013). Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, 29(6)

SOUZA, C. F. **Desempenho agrônômico e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho**. 2017. 50 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.

SOUZA, V. F.; ZONTA, J. B. **Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense**. São Luís: Embrapa Cacaos, p. 140, Jul 2020. (Embrapa Cacaos. Documentos 6 e 264).

SOUZA, R. S; VIDIGAL FILHO, O. S; SCAPIM, C. A; MARQUES, O. J; QUEIROZ, D. C; OKUMURA, R. S; RECHE, D. L; CORTINOVE, V. B. 2013. Produtividade e qualidade do milho doce em diferentes populações de plantas. **Semina: Ciências Agrárias** v. 34, n. 3, p. 995-1010, maio/jun. 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n3p995. Acesso em: 31 de julho de 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, p.918. 2013.

TEIXEIRA, F. F.; JESUS, L. N.; BUENO, F. C. **Diversidade genética entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Milho com grãos brancos dos tipos duro, semiduro e semimentado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.79, Jul 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 252).

TURETTA, D. P. A.; CASTRO, S. S.; POLIDORO, C. J. **Solos, sustentabilidade e provisão de serviços ecossistêmicos**. São Paulo: Boletim informativo da SBCS, 2017.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca. New York: CornellUniversity Press. 1994. 476p.

VENÂNCIO, D. S., GALVANI, E. Correlação entre precipitação pluviométrica e o rendimento médio da cultura do milho na região imediata de Xerê (SC). **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 45, nº 1/2, 2018 (2019)

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agrônomico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 6, n. 3, p. 567-578, set./dez., 2013.

VERAS, M. S., RAMOS, M. L. G., OLIVEIRA, D. N. S., FIGUEIREDO, C. C., CARVALHO, A. M., PULROLNIK, K., SOUZA, K.W. Cover Crops and Nitrogen Fertilization Effects on Nitrogen Soil Fractions under Corn Cultivation in a no-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40: e: 0150092, 2016

XIAOTONG, G., XIAO GUANG, D., YONGZHEN, W., JIESHAN, C., JUAN, Z., HONGXIA, Z., BEI, L. . (2018). Genetic Engineering of Maize (*Zea mays* L.) with Improved Grain Nutrients. **J. Agric. Food Chem.** Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05390>

WATTIAUX, M. **Introduction to Silage-Making**. Dairy Updates. Feeding No . 502. 1999. The Babcock Institute.

WOLSCHICK, N. H., BARBOSA, F. T., BERTOL, I., DOS SANTOS, K. F., WERNER, R. D. S., & BAGIO, B. (2016). Canopy cover, biomass production and nutrient accumulation by cover crops. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 15(2), 134-143.

CAPÍTULO II
EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE
NOS TABULEIROS COSTEIROS DE SERGIPE

EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE NOS TABULEIROS COSTEIROS DE SERGIPE

RESUMO

O clima adequado, o uso de tecnologias na administração da cultura e a seleção de plantas são alguns fatores que favorecem o aumento da produtividade do milho com maior qualidade e valor agregado. A adubação também é considerada extremamente relevante e pode ser um fator limitante no incremento da produtividade e no rendimento econômico obtido ao final do ciclo. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência técnica do cultivo do milho verde sob diferentes sistemas de cultivo do solo com quatro culturas antecedente ao milho verde e presença combinada de adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense*. O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe, em uma área experimental composta por faixas experimentais com parcelas subdivididas, onde nas faixas foram dispostos os sistemas de cultivo convencional (CC), mínimo (CM) e plantio direto (PD) e nas parcelas de forma aleatória e em três repetições as culturas antecedentes crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) com presença combinada da adubação nitrogenada (N) e inoculação (I) com *Azospirillum brasilense*. Os dados são referentes a safra de 2020 do milho verde. Para isso determinou-se a altura das plantas de milho verde (AP); o índice de clorofila foliar (ICF) com o clorofilômetro; a produtividade da biomassa seca da forragem (kg ha⁻¹); a determinação de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl, matéria mineral (MM) pelo Método de Weende, Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) pelo Método de DESCHAMPS (1990), a hemicelulose (HEM) pela fração $HEM = FDN - FDA$; os nutrientes digestíveis totais (NDT) pela equação $\% NDT = 105,2 - (0,667 \times FDN)$ proposta por Undersander et al., (1993). Observou-se que o CC/Guandu/N promoveu aumento na AP e no ICF da forragem de milho verde; a maior produtividade de forragem de milho verde alcançada foi no CM/Milheto/I; a ACP revelou que o milho verde cultivado no CC/Guandu/N aumentou os teores de N e PB, enquanto que a CT teve maior resposta no CC/Caupi/N; o ICF foi maior no CC/Caupi/N; Os NDT tiveram maior relevância na ACP quando submetido ao CM/Caupi/I; a hemicelulose apresentou maior teor quando submetido ao PD/Milheto/I e PD/Guandu/I.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*; Composição bromatológica; Manejo do solo; *Zea Mays* L.

TECHNICAL EFFICIENCY IN GREEN CORN FODDER PRODUCTION IN THE COASTAL TABLELANDS OF SERGIPE

ABSTRACT

The adequate climate, the use of technologies in the administration of the crop, and the selection of plants are some of the factors that favor the increase in corn productivity with higher quality and added value. Fertilization is also considered extremely relevant and can be a limiting factor in the increase of productivity and the economic yield obtained at the end of the cycle. Thus, the objective of this work was to evaluate the technical efficiency of green corn under different soil cultivation systems with four crops prior to green corn and the combined presence of nitrogen fertilization and *Azospirillum brasilense*. The study was conducted on the experimental farm of the Federal University of Sergipe, in an experimental area composed of experimental strips with subdivided plots, where in the strips the conventional (CC), minimum (CM) and no-till (PD) cropping systems were arranged and in the plots in a randomized manner and in three repetitions the antecedent crops crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), cowpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and millet (*Pennisetum americanum* L.) with the combined presence of nitrogen fertilization (N) and inoculation (I) with *Azospirillum brasilense*. The data refer to the 2020 green corn crop. To this end, the height of green corn plants (PA) was determined; the leaf chlorophyll index (LCI) with the chlorophyllometer; the forage dry biomass productivity (kg ha⁻¹); Determination of nitrogen (N) by Kjeldahl method, mineral matter (MM) by Weende method, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) by DESCHAMPS method (1990), hemicellulose (HEM) by the fraction $HEM = FDN - FDA$; total digestible nutrients (TDF) by the equation $\% NDT = 105.2 - (0.667 \times FDN)$ proposed by Undersander et al. , (1993). It was observed that CC/Guandu/N promoted increase in AP and ICF of green corn forage; the highest green corn forage productivity achieved was in CM/Millet/I; the PCA revealed that green corn grown on CC/Guandu/N increased N and CP contents, while CT had greater response in CC/Caupi/N; The ICF was higher in CC/Caupi/N; NDT had greater relevance in the PCA when subjected to CM/Caupi/I; hemicellulose showed higher content when subjected to PD/Millet/I and PD/Guandu/I.

Keywords: *Azospirillum brasilense*; Bromatological composition; Soil management; *Zea Mays* L.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, originária do México há 7.300 anos. Alguns pesquisadores acreditam que ele surgiu do Teosinte (*Zea mexicana* L.), uma gramínea anual com origem no México e Guatemala, pela seleção do homem, enquanto outros consideram que ambos originaram-se de um ancestral comum há mais tempo (SOUZA, 2017).

Na safra de 2021, o Nordeste produziu cerca de 3.010,480 mil toneladas (ton) de milho em 820.178 hectares (ha) produzindo em média 3.685 kg/ha. Enquanto Sergipe produziu no mesmo período 885,822 mil toneladas (ton) em aproximadamente 164,0 ha e obteve rendimento médio de 5.400 kg/ha (IBGE, 2021).

O milho é o grão mais cultivado nos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia, cujo maior pólo produtivo é o território Agreste de Sergipe. Ele é responsável pela movimentação significativa da economia dessa região, apesar de ser produzido em monocultura, fator que tem provocado preocupações quanto à sua sustentabilidade. A produção de milho também tem se estendido para a região dos Tabuleiros Costeiros. Nessa região, além de ser utilizado como base da alimentação animal, também é destinada a alimentação humana na forma de farinha flocada (PROCÓPIO et al., 2019).

O plantio do milho verde em Sergipe ocorre, predominantemente, em áreas que adotam o sistema de cultivo convencional cujo preparo do solo acontece com a utilização de implementos agrícolas mecanizados (ASSUNÇÃO, 2018). Em 2017, 45% dos estabelecimentos agrícolas utilizaram o sistema de preparo do solo convencional, enquanto que 36% fizeram uso do cultivo mínimo e 19% das áreas adotaram o plantio direto (IBGE, 2017).

A preservação de altas produtividades por um longo período depende de diferentes práticas de manejo do solo e são necessários para a conservação das características físicas, químicas e biológicas do solo. Apesar do sistema plantio direto ter se tornado, atualmente, uma ferramenta sustentável para a conservação do solo e recursos hídricos nos países de clima tropical, o cultivo convencional, cujo adota técnicas de revolvimento superficial do solo utilizando grades e arados como implementos, é um fato, principalmente em áreas degradadas ou que apresentem compactação do solo (CORSINI, 2018).

Entre os principais fatores que favorecem o aumento da produtividade do milho estão o clima e o uso de tecnologia na administração da cultura (CONAB, 2018). A produção de milho verde exige a seleção de plantas com características esperadas pelo mercado

consumidor, de forma que o produto tenha valor agregado, maior qualidade e produtividade (ROCHA et al., 2019).

O uso de arados e grades associados no cultivo convencional (CC) contribuem para o fornecimento de condições ótimas para a germinação, emergência e estabelecimento das culturas através do aumento da porosidade do solo, e conseqüentemente, na aeração e infiltração de água no solo, aumento da mineralização da matéria orgânica (MO) pelos microrganismos, deixando-o disponível para as plantas mais rapidamente, controle de ervas invasoras e sementeiras e nivelamento da superfície do solo colaborando com as operações de plantio, pós-plantio e colheita (ALBUQUERQUE FILHO, 2016; FREITAS, 2019; PEDROTTI et al., 2013).

Os processos realizados no cultivo mínimo (CM) têm como objetivo o rompimento das camadas compactadas através da redução da densidade e resistência mecânica do solo à penetração possibilitando o aumento da infiltração de água no solo. Esses fatores contribuem para o crescimento das plantas e avaliação da qualidade física do solo por serem de fácil determinação, o que tem demonstrado interesse pela pesquisa em avaliar sistemas de uso e manejo para analisar a qualidade do solo (HAQUE et al., 2016; BELANGER et al., 2017; BONINI et al., 2012).

Dentre estes sistemas, o plantio direto (PD) é o único caracterizado pelo manejo do solo no qual se evita a mobilização e conseqüentemente criam-se novas condições ambientais nele auxiliando no controle da erosão, conservação da umidade do solo, melhoria na sua estrutura e nas condições fitossanitárias da cultura, controle de algumas plantas invasoras e maior economia com adubações e operações com máquinas objetivando reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade do solo para alcançar a produção sustentável (BORTOLETI JUNIOR et al., 2015; ALBUQUERQUE et al., 2013).

Os dois últimos sistemas têm gerado resultados positivos na produtividade da cultura do milho, principalmente quando associados às culturas antecedentes (OLIVEIRA et al., 2017). O uso coberturas vegetais também tem proporcionado melhores índices de desenvolvimento das plantas, redução dos processos erosivos do solo e melhoria dos atributos químicos e físicos (BENETÃO JUNIOR et al., 2018). Por esse motivo, o sistema é visto como uma alternativa de manejo conservacionista em relação ao sistema convencional (FUENTES-LLANILLO et al., 2013).

As culturas antecedentes direcionadas para a rotação de culturas dentro dos sistemas de cultivo é um dos princípios fundamentais para manter a sustentabilidade dos sistemas

agrícolas, uma vez que oferecem condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas subsequentes". O seu uso de forma isolada ou em mix, em consórcio com grãos pode auxiliar na diversificação de culturas semeadas como segunda safra no sistemas agrícolas, e resultar em maior eficiência de produção de biomassa de qualidade inserida no solo (PACHECO et al., 2017).

Além disso, o solo coberto está protegido de pelo menos cinco fatores de degradação, sendo: o impacto das gotas de chuva, a evaporação, a radiação solar, a disseminação de plantas invasoras e a mineralização intensa, por isso, a qualidade da cobertura é um fator importante para a obtenção de bons resultados no sistema de plantio (PECHE FILHO, 2018).

A adubação também é considerada extremamente relevante e pode ser um fator limitante no incremento da produtividade e, conseqüentemente, no rendimento econômico obtido ao final do ciclo (AGUIAR et al., 2021). Portanto, o uso de inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio tem sido uma alternativa para suplementar parcialmente as necessidades da planta por processos naturais e tem se tornado um forte aliado para a redução dos custos com fertilizantes nitrogenados sem afetar no desenvolvimento das plantas (DELAPORTE-QUINTANA et al., 2017; RAFFI & CHARYULU, 2021).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência técnica do cultivo domilho verde sob diferentes sistemas de cultivo do solo associados a culturas antecedentes ao plantio do milho verde sob presença combinada de adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe - Campus Rural (10°55'24" S e 37°11'57" W), município de São Cristóvão - SE. Estudos científicos têm sido conduzidos nessa área desde 2001 utilizando três sistemas de cultivos: CC, CM e PD associados ao plantio de quatro culturas antecedentes ao milho verde. Os resultados apresentados nesse estudo se referem ao 20º ano de cultivo. Nessa safra, as culturas antecedentes utilizadas foram: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) e presença combinada de duas adubações: 100% da dose recomendada de adubação nitrogenada na forma de ureia com ausência de inoculação e 50% da dose recomendada com 50% de inoculação.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico com sedimentos provindos do grupo Barreiras (SANTOS et al., 2018). O tipo climático da região é As, caracterizado como tropical chuvoso com estação seca de verão, segundo Köppen e Geiger. A precipitação pluviométrica média anual é de 1145 mm e temperatura média anual de 25,3°C (CLIMATE-DATA). Os índices de temperatura média mensal e precipitação (mm) durante o experimento estão ilustradas no Gráfico 1.

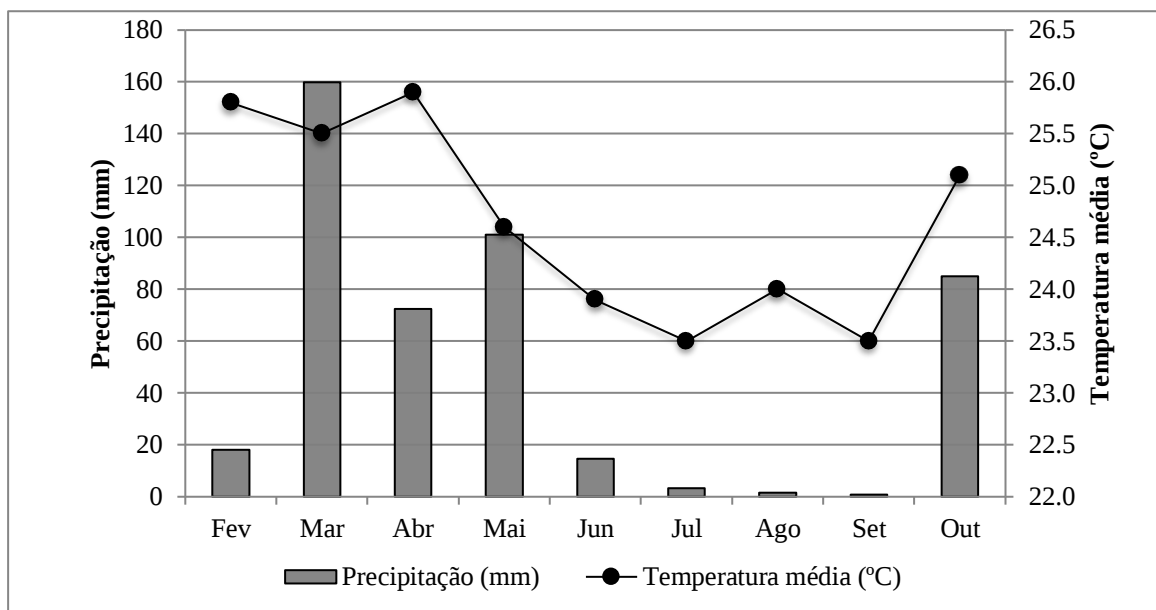


Gráfico 1. Dados médios de precipitação acumulada mensalmente, em milímetros (mm); temperatura média em graus Celsius (°C) em São Cristóvão - SE, registradas durante o experimento, no período de fevereiro de 2020 a outubro de 2020. Fonte: Dados obtidos da Estação Meteorológica do AGRITEMPO através do TRMM.4857 (Tropical Rainfall Measuring Mission). Gráfico elaborado pela autora, 2021.

Adotou-se o esquema experimental em faixas com parcelas subdivididas (PIMENTEL et al., 1987), onde cada faixa correspondeu a um sistema de manejo do solo (CC, CM e PD). Cada faixa foi dividida em 13 subparcelas, onde 12 delas foi para o plantio das culturas antecedentes ao milho com três repetições e 1 subparcela foi considerada testemunha, onde não recebeu nenhuma cultura antecedente e adubação. Cada faixa media 830 m² e cada subparcela 60m² (6x10m) com espaçamento de 1m entre si, totalizando 36 subparcelas experimentais.

Utilizou-se a variedade de milho híbrido convencional de duplo propósito (produção de espiga de milho verde e forragem para silagem) - BM 3066 da Biomatrix, de ciclo precoce, grão dentado-amarelo, com população média de 55-70 mil plantas ha⁻¹ (verão) e 50-55 mil plantas ha⁻¹ (inverno).

O solo de cada faixa experimental foi preparado da seguinte forma: CC - Grade niveladora (profundidade até 10 cm) + Grade aradora (profundidade até 30 cm) + grande niveladora; CM - Grade niveladora leve fechada (profundidade até 8 cm) e; PD - Sem revolvimento do solo. No PD as plantas invasoras foram controladas, apenas, com capina manual ou associada a aplicação de herbicidas de ação total (*Glyphosate*- antes da semeadura) ou seletivo (*Nicosulfuron*- após semeadura do milho), quando necessário.

As culturas antecedentes ao milho foram plantadas nas subparcelas aleatoriamente, com espaçamento médio de 0,5 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas e após 90 dias de idade foram cortadas e depositadas no solo.

As sementes de milho foram tratadas previamente com inseticida (imidacloprido e tiodicarbe) CropStar e inoculadas com produto comercial líquido Azototal® (Total-bio) à base de estirpes (AbV5 e AbV6) de *Azospirillum brasilense* (garantia de 2×10^{11} UFC/L), na dose de 100 mL para cada 25 kg de sementes, aplicado e homogeneizado diretamente nos grãos, conforme especificações do fabricante e semeadas imediatamente. A semeadura foi realizada em Junho de 2020, de forma mecanizada com a plantadeira pneumática Jumil, modelo POP EX 2670, adotando-se o espaçamento médio de 0,8 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas.

A adubação nitrogenada de cobertura do milho foi aplicada na forma de ureia, na dose de 120 kg ha^{-1} (45% de N) para o tratamento com 100% da adubação nitrogenada e o tratamento inoculado recebeu metade dessa quantidade, sendo todos parcelados entre a semeadura, aos 30 e 45 dias após a germinação de todas as plântulas. Também se aplicou o fósforo na forma de superfosfato triplo, na dose de 90 kg ha^{-1} (19% de P_2O_5) e 110 kg ha^{-1} (59% de K_2O) de potássio na forma de cloreto de potássio, conforme valores estabelecidos por Sobral et al., (2007) para a cultura do milho independente do tratamento, baseados na análise de solo.

A irrigação do milho verde ocorreu durante o ciclo de 85 dias, por aspersão convencional durante 40 minutos por dia, com fornecimento de 7 mm de lâmina d'água de segunda-feira à sexta-feira.

As combinações entre os tratamentos do experimento fatorial do estudo foi $3 \times 4 \times 2$, sendo 3 níveis compostos pelos sistemas de cultivo, 4 níveis compostos pelas culturas antecedentes e 2 níveis compostos pela adubação, totalizando 24 tratamentos. Cada subparcela útil foi constituída por 16 m^2 , considerando 4 linhas centrais da subparcela com 4,0 m de comprimento cada uma.

2.2.1 Determinação da altura das plantas de milho verde

A altura das plantas (AP) foram determinadas ao atingirem o estágio reprodutivo R3 (Grãos leitosos) entre 70 e 85 DAP, contendo entre 70% e 80% de umidade nos grãos, através da determinação da distância entre a superfície do solo e a folha bandeira com o auxílio de uma trena manual, em cinco plantas da área útil, com dados expressos em cm.

2.2.2 Determinação do índice de clorofila foliar da forragem

O índice de clorofila foliar (ICF) total foi determinado no período do estágio reprodutivo R3, através de duas leituras em cada face do limbo foliar da última folha totalmente expandida, de cinco plantas de cada subparcela útil, por meio de um clorofilômetro digital portátil marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola®).

2.2.3 Determinação da produtividade de biomassa seca da parte aérea do milho verde

Após a colheita do milho verde os resíduos (folhas + colmo) de cinco plantas foram coletadas na área útil, pesadas e submetidas a estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas para a quantificação do peso da MS parcial (PMS) e posteriormente a 105°C para a obtenção do peso da matéria seca total (PMST), sendo os valores extrapolados para kg ha⁻¹.

2.2.4 Determinação da composição bromatológica da forragem

As amostras pré-secas a 65°C foram trituradas em máquina forrageira e posteriormente em moinho tipo Willey, utilizando peneira com malha de 1 mm e armazenadas em sacos de papel, no Laboratório de Fitorremediação de Solos (LAFITO) do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe. As variáveis analisadas foram: Proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl, em que o teor de N determinado é multiplicado por 6,25 ($N \times 6,25$); matéria mineral (MM) pelo Método de Weende; Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) por digestão em autoclave à 120°C e pressão de 0,5 bar durante 40 minutos (DESCHAMPS, 1999) utilizando a técnica dos saquinhos com sacos de tecidos TNT (100 g/m²). Os procedimentos para ambas análises foram os mesmos, diferindo apenas a solução reagente utilizada (detergente neutro e detergente ácido). As soluções foram preparadas conforme Van Soest (1963) descrito por Silva & Queiroz (2009). A FDN e FDA foram determinadas por análise sequencial. A hemicelulose (HEM) foi determinada por diferença entre as frações de FDN e FDA ($HEM = FDN - FDA$). Os valores referentes aos

nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados por meio da equação proposta por Undersander et al., (1993), em que $\% \text{ NDT} = 105,2 - (0,667 \times \text{FDN})$.

2.2.5 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos desdobradas e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As características bromatológicas e a produtividade da forragem de milho foram analisadas por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) com o auxílio do software PAST.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.2 Altura das plantas de milho verde

Na tabela 2 pode ser verificado que os dados da AP apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. É possível observar que não houve diferença estatística significativa para os sistemas de CC e CM, independente da cultura antecedente e adubação utilizada. Estes valores também não diferiram estatisticamente do PD associado ao milheto e crotalária em ambas adubações, mas todos, inclusive a testemunha foram superiores e diferiram estatisticamente do PD associado ao caupi e guandu, que não diferiram entre si estatisticamente. Considerando que não houve diferença estatística entre o CC e CM é possível considerar que o revolvimento do solo realizado nesses sistemas tenha contribuído mais com a AP, devido o maior desenvolvimento das raízes e absorção de água e nutrientes pela planta.

Neste trabalho, as culturas antecedentes não influenciaram de forma significativa estatisticamente na AP dentro dos sistemas de cultivo para as duas adubações e testemunha, mas foram superiores a todas as culturas dentro do CC sob inoculação do milho, que não diferiram entre si estatisticamente. Estes resultados indicam que, independente da cultura antecedente utilizada, a interação da adubação nitrogenada e inoculação nos sistemas de cultivo não afetam o crescimento do milho.

Os resíduos culturais de algumas plantas podem auxiliar de forma benéfica nas propriedades químicas e físicas do solo, além de apresentarem crescimento radicular apto a se desenvolverem em solos com alta resistência a penetração e atuarem na ciclagem de nutrientes (ZIN et al., 2019; TOKURA et al., 2018). Isto quer dizer que, algumas espécies de culturas antecedentes são capazes de produzir diferentes quantidade de resíduos vegetais que

ao se desintegrar alteram os atributos físicos, químicos do solo, resultando no desenvolvimento da cultura em sucessão (TOKURA, et al., 2018).

Mesmo não havendo diferença estatística significativa, é possível observar que as médias das alturas variaram de 1,56 a 2,46 m estando os dois valores associados ao CC/Guandu/N e CC/Guandu/I.

Também possível observar que as plantas submetidas ao CC/Caupi/Milheto/Guandu/N obtiveram maiores valores de AP, diferindo estatisticamente entre CC/Crotalária/N e de todas as adubações nos outros sistemas, indicando que a adubação de N mineral potencializa a altura das plantas sem a necessidade de inoculação do milho. Independente da aplicação do inoculante via sementes de milho a adubação nitrogenada promoveu incrementos significativos para a altura das plantas de 2,30 m, 2,35 m 2,46 m na aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N associada as culturas do milheto, caupi e guandu, respectivamente.

Tabela 1. Altura de plantas em (cm) de milho verde sob diferentes sistemas de cultivo associado ao uso de culturas antecedentes e inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Culturas Antecedentes	Sistemas de Cultivo					
	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	Adubação					
	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Caupi	2,35 Aa*	1,80 Aab	2,10 Aa	2,00 Aa	2,44 Aa	2,39 Ba
Milheto	2,30 Aa*	1,85 Aab	2,04 Aa	2,03 Aa	2,33 Aa	2,11 Aa
Crotalária	2,31Aa	1,93 Aab	2,01 Aa	1,99 Aa	2,29 Aa	2,09 Aa
Guandu	2,46 Aa*	1,56 Ab	2,14 Aa	2,06 Aa	2,11 Aa	2,07 Ba
Testemunha	2,27 Aa					

Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística entre sistemas de cultivo para mesma cultura e adubação; letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística entre culturas antecedentes para o mesmo sistema de cultivo e adubação e; asterisco (*) nas linhas indicam diferença estatística entre adubação, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração com dados da autora, 2022.

Resultados encontrados por Duarte, Ruff e Santos (2021) foram semelhantes aos obtidos no presente estudo, onde verificaram maior incremento significativo na altura do milho, ao aplicarem a adubação nitrogenada nas doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg⁻¹ de N independente do uso do inoculante. Em contrapartida, Pinheiro et al., (2020) notaram que houve interação entre o uso da adubação nitrogenada nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ e inoculação na altura das plantas ao 90 dias após semeadura.

De acordo com Souza et al., (2019) doses de N superiores a 20 kg ha⁻¹ na semeadura podem afetar negativamente a função dos microrganismos, como o *Azospirillum brasilense*,

na fixação do N atmosférico, visto que, o N dos fertilizantes minerais estão mais disponíveis como nutriente para as bactérias, uma vez que não necessita quebra da ligação tripla de N₂.

A resposta pouca expressiva da AP com a inoculação também pode ter ocorrido pela falta de afinidade entre as estirpes do inoculante utilizado com o genótipo do milho verde ou as condições do ambiente afetaram a resposta do inoculante. Santos (2018) ao avaliar a altura do milho sob inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens* e ambas bactérias em diferentes tipos de preparo do solo (CC, CM e PD), também não encontrou diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados.

2.3.3 Índice de Clorofila Foliar total

Os resultados apresentados na tabela 3 apontam que não houve diferença estatística significativa no teor de clorofila total no limbo foliar do milho entre os sistemas de cultivo associado as culturas antecedentes e adubações, como também não diferiu do valor encontrado na testemunha. Entretanto, o CC/Caupi/Guandu/N tiveram maior destaque em relação aos outros tratamentos e influenciaram positivamente no índice de conteúdo de clorofila total destacando-se por proporcionar maiores valores para esta variável, sendo de 45,39 e 45,98, respectivamente. Estes valores não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram de forma significativa estatisticamente das outras culturas dentro do mesmo sistema e de todas as culturas e adubações no CM e PD, incluindo a testemunha.

Os resultados observados e apresentados demonstram que esse tratamento foi mais eficiente na produção de fotoassimilados por parte da planta do que a aplicação de 50% da dose recomendada com a inoculação. Os menores índices de clorofila indicam que ocorreu uma diminuição da disponibilidade de N pelo milho.

Segundo Portugal et al., (2017) o excesso e a carência de N no solo podem ser fatores limitantes para a fixação biológica. Em contrapartida ao estudo atual, que analisou o milho na fase R3, Ganascini et al., (2020) identificaram maior pico no teor de clorofila total no estágio fenológico R1 do milho. Este resultado pode ter sido influenciado pelo déficit hídrico sofrido pela planta no período do experimento, segundo os autores.

Tabela 2. Índice de Clorofila Foliar total do milho verde submetido a diferentes sistemas de cultivo do solo, culturas antecedentes e adubações.

Culturas Antecedentes	Sistemas de Cultivo					
	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	Adubação					
	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Caupi	45,39 Aa*	32,00 Aa	36,12 Aa	32,90 Aa	42,07 Aa	37,03 Aa
Milheto	38,14 Aa	29,26 Aa	34,72 Aa	29,43 Aa	35,20 Aa	33,04 Aa
Crotalária	36,36 Aa	30,32 Aa	29,43 Aa	28,56 Aa	39,73 Aa	34,54 Aa
Guandu	45,98 Aa*	29,52 Aa	36,11 Aa	31,69 Aa	34,30 Aa	33,73 Aa
Testemunha	36.84 Aa					

Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística entre sistemas de cultivo para mesma cultura e adubação; letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística entre culturas antecedentes para o mesmo sistema de cultivo e adubação e; asterisco (*) nas linhas indicam diferença estatística entre adubação, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração com dados da autora, 2022.

Em contrapartida, resultados semelhantes foram encontrados por Duarte, Ruff & Santos (2021) ao comprovarem que não houve diferença estatística significativa nos índices biométricos, produtivos e de clorofila do milho sob efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* via semente. Neste mesmo trabalho também não foi encontrada diferença estatística significativa entre as doses de inoculante e a presença ou ausência de inoculação.

Apesar do efeito estatisticamente significativo do CC/Caupi/Guandu/N no ICF, Mortate et al., (2018) ressaltam que a clorofila é um indicador de nutrição e absorção de N pelas plantas, entretanto, afirma que a adubação inorgânica via solo é incapaz de suprir totalmente as exigências do milho pela adubação nitrogenada.

Segundo Favarato et al., (2015), as culturas antecedentes auxiliam na ciclagem de nutrientes no solo, alteração do pH, melhoria na CTC, ciclagem e incorporação de N no sistema, aumento da matéria orgânica no solo e compostos húmicos e maior saturação por bases em comparação com solos em pousio.

Os nutrientes acumulados na matéria vegetal das plantas de cobertura são liberados durante a sua decomposição, proporcionando melhoria da fertilidade do solo e a maximização dos benefícios promovidos por elas variam de acordo com a velocidade de liberação da taxa de mineralização, da sincronização com a exigência de nutrientes e da taxa de captação da cultura comercial (FAVARATO et al., 2015).

2.3.4 Produtividade da parte aérea do milho verde

Avaliando os desdobramentos sobre a produtividade da forragem do MV, foi possível verificar no estudo que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tabela 4). Observou-se diferença estatística significativa na produtividade da biomassa seca da forragem no CC/Milheto/I e PD/Milheto/I, cujo apresentaram valores inferiores em relação aos outros tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si. Dessa forma, pode ser observado que o manejo do solo exerceu pouca influência na biomassa seca da parte aérea do milho de forma direta e isolada e pode estar relacionado com o teor de matéria orgânica presente no solo para os três sistemas de cultivo, cujo não apresentaram diferença estatística significativa, com exceção do CC/Milheto e CC/Guandu que apresentaram 1,30 e 1,27g.kg⁻¹, respectivamente, sendo os menores índices entre os outros tratamentos, mas não diferindo estatisticamente entre si. Resultados encontrados por Browm et al., (2018) não corroboram com os do presente estudo, onde identificaram que a produção de massa seca do milho foi afetada pelo manejo do solo, sendo maior no PD em relação ao CC.

Também não foi verificada diferença estatística significativa na influência das culturas antecedentes na produtividade do milho associada as duas adubações no CC e PD, mas houve efeito positivo promovido pela adubação nitrogenada em relação a inoculação no CM, exceto quando associada ao milheto, que não diferiram estatisticamente entre si, mas o inoculante potencializou os outros efeitos, sendo o tratamento que obteve maior produtividade de forragem (48,76).

Dentre as diversas bactérias do gênero *Azospirillum*, a brasileira é a que possui maior capacidade de associação entre as gramíneas, destacando-se pela sua potencialidade na fixação biológica do nitrogênio, além de auxiliar nos mecanismos de funcionamento das plantas através da produção de hormônios vegetais, como auxinas, giberelinas e citocininas (FUKAMI et al., 2016).

Tabela 3. Produtividade da biomassa seca (BS) da forragem em t ha⁻¹ sob diferentes sistemas de cultivo com culturas antecedentes e aplicação de 100% da dose de adubação nitrogenada mais aplicação de 50% da dose de adubação nitrogenada com inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Culturas Antecedentes	Sistemas de Cultivo					
	Cultivo Convencional		Cultivo Mínimo		Plantio Direto	
	Adubação					
	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Caupi	37,15 Aa	34,40 Aa	36,90 Aa	36,73 Ab	36,95 Aa	37,20 Aa
Milheto	36,66 Aa	35,96 Ba	36,90 Aa	48,76 Aa*	36,13 Aa	37,03 Ba
Crotalária	36,96 Aa	37,40 Aa	36,90 Aa	36,93 Ab	37,10 Aa	37,13 Aa
Guandu	37,40 Aa	37,10 Aa	36,96 Aa	37,10 Ab	36,13 Aa	37,23 Aa
Testemunha	36.66 Aa		36.86 Aa		37,06 Aa	

Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística entre sistemas de cultivo para mesma cultura e adubação; letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística entre culturas antecedentes para o mesmo sistema de cultivo e adubação e; asterisco (*) nas linhas indicam diferença estatística entre adubação, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração com dados da autora, 2022.

Duarte, Ruff & Santos (2021) não corroboram com os resultados encontrados no presente estudo onde observaram que não houve efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense*, nem da inoculação + aplicação de doses de N e nem da interação entre os dois fatores na biomassa seca da parte aérea do milho, mas houve efeito significativo para as doses de N.

Devemos considerar ainda que o milheto é uma cultura anual de verão, com alto valor nutritivo, baixa exigência hídrica e de fertilidade do solo (JACOVETTI et al., 2018) e que nesse caso, pode ter se adaptado bem ao solo do experimento que possui, naturalmente, baixa fertilidade e submetido a temperatura média de 25,7°C durante os 90 dias de cultivo.

Assim sendo, os resultados demonstram que, é possível alcançar altas produtividades de biomassa seca do milho reduzindo a adubação nitrogenada em até 50% sem afetar o desempenho do inoculante, o que poderá levar a uma economia de fertilizantes nitrogenados, tornando esse tratamento viável economicamente para o produtor.

2.3.5 Determinação da Análise de Componentes Principais

Na análise do PCA, os primeiros dois eixos (Component 1 e 2) com as características bromatológicas da forragem, clorofila total e da produtividade explicaram 95% da variabilidade dos dados, em que os PC1 (X) e PC2 (Y) explicaram 52,5% e 42,5% da variância total dos dados acumulados, respectivamente, como consta na Figura 2. Estes

resultados estão de acordo com os parâmetros estabelecidos por Sneath e Sokal (1973), onde o número de componentes principais utilizados na interpretação devem corresponder no mínimo a 70% da variância total dos dados.

Figura 2. Análise de componentes principais das características bromatológicas, da clorofila total e dados de produtividade da forragem de milho verde cultivado sob o cultivo convencional (CC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) combinado com diferentes culturas antecedentes e adubação.

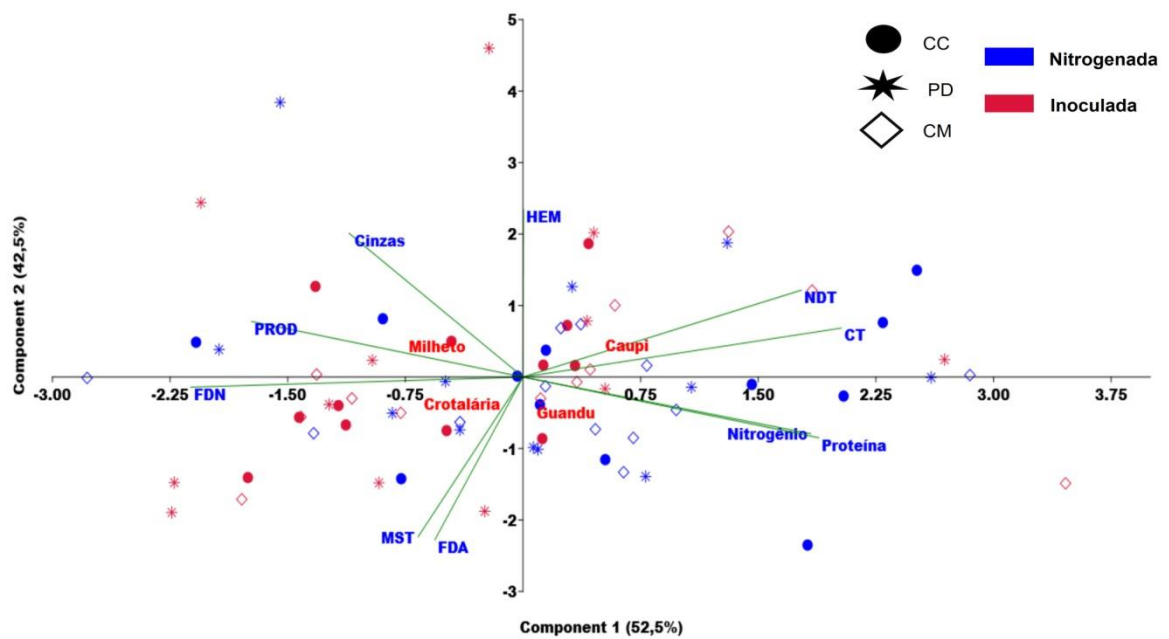


Tabela 4. Composição bromatológica da forragem de milho verde cultivado com diferentes preparos do solo, culturas antecedentes e adubação nitrogenada com 100% da dose recomendada e inoculação do milho via semente com *Azospirillum brasilense*.

SISTEMA DE CULTIVO CONVENCIONAL																	
	Análises	Matéria seca (%)		Matéria Mineral		Nitrogênio (%)		Proteína Bruta (%)		Fibra em Detergente Neutro (%)		Fibra em Detergente Ácido (%)		Hemicelulose (%)		Nutriente Digestível Total (%)	
		Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Cultura Antecedente	Adubação																
	Caupi	87,99 Aa	86,99 Aa	1,92 Aa	2,73 Aa	0,88 Aa	0,78 Aa	3,62 Aa	3,21 Aa	70,30 Aa	76,26 Aa	51,3 Aa	45,93 Aa	19,00 Aa	30,30 Aa	58,29 Aa	54,33 Aa
	Milheto	85,83 Aa	87,68 Aa	2,52 Aba	2,90 Aa	0,74 Aa	0,73 Aa	2,99 Aa	3,03 Aa	69,43 Aa	73,80 Aa	46,53 Aa	50,23 Aba	23,00 Aa	21,16 Aa	58,89 Aa	57,59 Aa
	Crotalária	88,71 Aa	88,82 Aa	2,32 Aba	2,93 Aa	0,65 Aa	0,80 Aa	2,74 Aa	3,28 Aa	72,56 Aa	72,20 Aa	53,33 Aa	51,26 Aa	19,26 Aa	20,8 Aa	57,26 Aa	57,59 Aa
	Guandu	88,08 Aa	87,13 Aa	2,74 Aa	1,98 Aa	0,81 Aa	0,66 Aa	3,15 Aa	2,81 Aa	68,13 Aa	67,20 Aa	49,80 Aa	45,90 Aa	18,30 Aa	21,3 Aa	59,76 Aa	60,38 Aa
SISTEMA DE CULTIVO MÍNIMO																	
	Análises	Matéria seca (%)		Matéria Mineral		Nitrogênio (%)		Proteína Bruta (%)		Fibra em Detergente Neutro (%)		Fibra em Detergente Ácido (%)		Hemicelulose (%)		Nutriente Digestível Total (%)	
		Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Cultura Antecedente	Adubação																
	Caupi	86,38 Aa	87,4 Aa	0,06 Aa	2,38 Aa	0,78 Aa	0,72 Aa	3,20 Aa	2,95 Aa	65,86 Aa	68,40 Aa	47,66 Aa	49,83 Aab	20,63 Aa	18,10 Aa	61,25 Aa	59,89 Aa
	Milheto	86,72 Aa	87,68 Aa	0,10 Aa	2,81 Aa	0,76 Aa	0,75 Aa	3,12 Aa	3,05 Aa	69,80 Aa	75,96 Aa	51,8 Aa	51,76 Bab	18,30 Aa	21,26 Aa	58,82 Aa	56,47 Aa
	Crotalária	87,71 Aa	87,78 ABa	0,08 Aa	3,30 Aa	0,83 Aa	0,77 Aa	3,44 Aa	3,19 Aa	71,80 Aa	68,06 Aa	51,4 Aa	40,50 Aa	20,43 Aa	27,60 Aa	57,30 Aa	59,79 Aa
	Guandu	88,10 Aa	87,57 Aa	0,06 Aa	2,95 Aa	0,81 Aa	1,07 Aa	3,31 Aa	4,43 Aa	71,70 Aa	69,6 Aba	48,2 Aa	48,80 ABab	23,50 Aa	20,83 Aa	57,38 Aa	58,77 Aa
PLANTIO DIRETO																	
	Análises	Matéria seca (%)		Matéria Mineral		Nitrogênio (%)		Proteína Bruta (%)		Fibra em Detergente Neutro (%)		Fibra em Detergente Ácido (%)		Hemicelulose (%)		Nutriente Digestível Total (%)	
		Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada	Nitrogenada	Inoculada
Cultura Antecedente	Adubação																
	Caupi	88,26 Aa*	85,77 Aa	9,27 Ba	4,99 Aa	0,86 Aa	0,93 Aa	3,62 Aa	3,93 Aa	69,30 Aa	69,46 Aa	39,40 Aa	47,23 Aab	29,9 Aa	22,16 Aa	58,99 Aa	58,92 Ab
	Milheto	88,39 Aa	88,12 Aa	7,36 Ba	8,83 Aa	0,80 Aa	0,77 Aa	3,29 Aa	3,15 Aa	71,16 Aa	75,83 Aa	50,8 Aab*	36,36 Aa	20,36 Aa	38,30 Aa	57,70 Aa	55,64 Aab
	Crotalária	88,07 Aa*	85,59 Ba	7,87 Ba	3,77 Aa	0,80 Aa	0,75 Aa	3,53 Aa	3,10 Aa	73,70 Aa	75,46 Aa	56,4 Aab	55,80 Ab	17,30 Aa	15,93 Aa	56,03 Aa	56,70 Aab
	Guandu	87,90 Aa	88,19 Aa	5,93 Aa	4,94 Aa	0,92 Aa	0,87 Aa	3,78 Aa	3,62 Aa	69,80 Aa	78,96 Ba*	52,56 Aab	61,40 Ab	17,23 Aa	19,93 Aa	58,63 Aa*	50,94 Ba
Testemunha		87,80 Aa		3,42 Aa		1,89 Aa		5,93 Aa		73,28 Aa		58,53 AaB		28,42 Aa		56,23 Aab	

Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística entre sistemas de cultivo para mesma cultura e adubação; letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística entre culturas antecedentes para o mesmo sistema de cultivo e adubação e; asterisco (*) nas linhas indicam diferença estatística entre adubação, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pode ser observado que a PC1 se correlacionou de forma positiva com os teores de clorofila total (CT), proteína, nitrogênio e nutrientes digestíveis totais (NDT). Por sua vez, a PC2 se correlacionou positivamente com o teor de hemicelulose (HEM).

No PC1 a CT, a proteína e o nitrogênio concentraram os dados no CC, verificando-se ainda que o CC/Caupi/N promoveu maiores teores de CT, enquanto CC/Guandu/N favoreceu os teores de nitrogênio e proteína.

O N apresenta uma dinâmica complexa por se tratar de um elemento de rápida absorção pelo solo, dificultando assim a recomendação quanto à aplicação e fonte a ser utilizada com maior eficiência pela planta (SZILAGYI-ZECCHIN et al., 2017; MARTÍNEZ et al., 2017).

Estes resultados refletiram a maior disponibilização de N no solo, através da adubação, o que certamente proporcionou a síntese de molécula de clorofila. O N ainda faz parte da composição de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e enzimas, elementos fundamentais para o desenvolvimento celular e crescimento foliar e radicular da planta (TAIZ & ZEIGER, 2013). Segundo Lacerda et al., (2020) estudos recentes tem apresentado a adubação nitrogenada como um fator determinante no aumento do teor de aminoácido e consequentemente no teor de proteína.

O CM/Caupi/I apresentou maior relevância nos teores de NDT da forragem de milho verde. Os teores de NDT foram superiores aos 55% relatados como ideais por Van Soest (1994), demonstrando, desta forma, e tendo sido reforçada na ACP1 como um alimento com bom valor nutricional para fornecimento aos animais. Estes resultados estão associados a retenção e o fornecimento de nutrientes do solo à planta pelo caupi, por ser uma leguminosa e eficiência na inoculação do MV sob o CM, que preconiza o uso minimizado de máquinas agrícolas sobre o solo, causando menor revolvimento e compactação, aliado ainda a retirada da forragem mais jovem, ainda pouco lignificada.

O NDT corresponde ao teor de nutrientes digestíveis contidos nas frações orgânicas do alimento. Neste estudo, os resultados dos NDT foram inversamente proporcionais aos da FDA, que por sua vez, apresentou correlação negativa na ACP2. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Ciappina (2019) cujo resultados obtidos apresentaram correspondência a FDA e o NDT. Isso ocorre porque o aumento de FDA promove redução do NDT, assim como a redução do FDA reflete no aumento do teor de NDT, sendo este o mais desejado.

Entretanto, a HEM apresentou correlação positiva semelhante na PC2 para o PD/Milheto/I e CC/Caupi/I. Essa maior correlação confere maior digestibilidade da matéria

seca, tendo em vista que, quanto maior a hemicelulose, menor será a FDA (LINS, 2017). O aumento do crescimento da cultura promove elevação dos teores de compostos estruturais, como celulose, hemicelulose e lignina e, inversamente diminuição do conteúdo celular (VAN SOEST, 1994).

2.4 CONCLUSÕES

O CC/Guandu/N promoveu aumento na AP e no ICF da forragem de milho verde na área experimental, em São Cristóvão.

A forragem de milho verde alcançou maior produtividade no CM/Milheto/I.

A ACP revelou que o milho verde cultivado no CC/Guandu/N aumentou os teores de N e PB, enquanto que a CT teve maior resposta no CC/Caupi/N.

A ACP revelou que o CC/Caupi/N promoveu maior ICF na forragem de milho verde.

Os NDT tiveram maior relevância na ACP quando submetido ao CM/Caupi/I.

A hemicelulose apresentou maior teor quando submetido ao PD/Milheto/I e PD/Guandu/I.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; PEREIRA FILHO, I. A.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. **Preparo convencional do solo**. 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html
- ASSUNÇÃO, S. J. T. **Sustentabilidade do uso de tecnologias para o cultivo de milho verde nos tabuleiros costeiros em Sergipe**. São Cristóvão, 2018. 206 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, UFS.
- BENETÃO JUNIOR, C. R.; SIERAKOWSKI, J. P.; BACON, E. C.; SKARABOTO, F. F.; LOPES, R. A. P.; PINHERIO NETO, R. Initial development of cassava plants in a minimum cultivation system and conventional preparation with different types of vegetative cover. **Revista Ingeniera y Region**, v.20. p.35-39. Julio - Diciembre de 2018.
- BELANGER, E.; LUCOTTE, M.; MOINGT, M.; PAQUET, S.; OESTREICHER, J.; ROZON, C. Altered nature of terrestrial organic matter transferred to aquatic systems following deforestation in the Amazon. **Applied Geo chemistry**, v. 87, p. 136-145, 2017.
- BONINI, C. S. B. **Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos**. 2012. 167 f. Tese (Doutorado) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.
- BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇAVES, L. G.; RIBEIRO, M. A. R.; AFONSO, R. O.; SAN-TOS, R. F.; SOUZA, C. S. S. A importância do plantio direto e do plantio convencional

e suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**: Três Lagoas, MS. v.13. n.1. 2015.

BROWN, V; BARBOSA, F.; BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.1, p.5501, 2018.

CARVALHO A. M, COSER T. R, REIN T. A, DANTAS R. D, SILVA R. R, SOUZA K. W (2015). Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 50:551-561.

CIAPPINA, A, L. **Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho**. 2019, 110 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

CORSINI, D. C. D. C. **Coberturas vegetais e modos de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho sobre três sistemas de preparo de solo**. 2018. p. 139. Tese (Doutorado em Agronomia). - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira. 2018

DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1358-1369, 1999.

DUARTE, P. J., RUFF, O. J., SANTOS, C. L. R. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 8, 2021. DOI: 10.36560/14820211391. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1391>.

FAVARATO, L. F., DE SOUZA, J. L., GALVÃO, J. C. C., DE SOUZA, C. M. & GUARÇONI, R. C. (2015). Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 5 (2), 19-28.

FREITAS, F. Sistema de Plantio: Direto X Convencional. **Laborgene Agrogenética**, 2019. Disponível em: <https://www.laborgene.com.br/sistema-de-plantio/>.

FUENTES-LLANILLO, R.; GUIMARÃES, M. de F.; TAVARES FILHO, J. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.5, p.524-530, 2013.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express** 6:3. 2016. DOI 10.1186/s13568-015-0171-y

GANASCINI, D.; COELHO, S. R. M.; MERCANTE, E.; MENDES, I, S. HACHISUCA. A. M. M.; SOUZA, E. G. Caracterização-espço temporal de dados biofísicos da cultura do milho em lavoura comercial (SMART FARM). **Anais...XLIX Congresso Brasileiro de**

Engenharia Agrícola. 2020. Disponível em:

<https://www.conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2020/anais-2020/geomatica-instrumentacao-e-agricultura-de-precisao-giap/2714-caracterizacao-espaco-temporal-de-dados-biofisicos-da-cultura-do-milho-em-lavoura-comercial-smart-farm/file>

HAQUE, M. E.; BELL, R. W.; ISLAM, M. A.; RAHMAN, M. A. Minimum tillage unpuddled transplanting: an alternative crop establishment strategy for rice in conservation agriculture cropping systems. **Field Crops Research** , v. 185, p. 31-39, 2016.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=28

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Julho 2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/nordeste>. Acesso em: 10 de Agosto de 2021.

JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, E. S.; BRUNES, L. C.; CORRÊA, D. S. Milheto como silagem comparado a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. **Revista Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.19, 1-16, e-26539, 2018, Disponível em: DOI: 10.1590/1809-6891v19e-26539.

LACERDA, E. G.; SANCHES, L. F. J.; QUEIROZ, J. O.; SILVA, C. P. Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). **Revista Agri Environmental Scences**, Palmas-TO, v. 6, e020002, 2020. DOI:<https://doi.org/10.36725/agries.v6i0.1413>. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmentalsciences/index>

LINS, F. J. A. **Efeito de doses de nitrogênio na produção de forragem e de grãos de genótipos de milho sob condições de superadensamento**. 2017. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017.

MARTÍNEZ, E.; DOMINGO, F.; ROSELLÓ, A.; SERRA, J.; BOIXADERA, J.; LLOVERAS, J. The effects of dairy cattle manure and mineral N fertilizer on irrigated maize and soil N and organic C. **European Journal of Agronomy**, v. 83, n. 1, p. 78-85, 2017.

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. S.; LIMA, M. W. P. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2018. ISSN 2358-6303

OLIVEIRA, F. C. C.; PEDROTTI, A.; FELIX, A. G. S.; SOUZA, J. L. S.; HOLANDA, F. S. R.; MELLO JUNIOR, A. V. Características químicas de um Argissolo e a produção de milho verde nos Tabuleiros Costeiros sergipanos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.12, n.3, p.354-360, 2017.

PACHECO, L. P., MIGUEL, A. S. D. C. S., SILVA, R. G. D., SOUZA, E. D. D., PETTER, F. A., & KAPPES, C. (2017). Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52, 582-591.

PECHE FILHO, A. **Qualidade da cobertura do solo no Sistema plantio Direto**. 2018. Disponível em: Qualidade da cobertura do solo no Sistema Plantio Direto - Jornal Dia de Campo.

PEDROTTI, A.; ACIOLE, F. M. S.; SILVA, T. O.; ARAÚJO, E. M.; SANTOS, D.; MELLOJÚNIOR, A. V. Manejo do solo e de culturas de antecessão sobre a produtividade do milho em experimento de longa duração. **Magistra**, v. 25, n. 3/4, p. 220–227, 2013.

PEDROTTI, A.; ARAÚJO FILHO, R. N.; ASSUNÇÃO, S. J. R.; RESENDE, S. C. Productivity of Sweet Maize (*Zea mays* L.) under Previous Crops and Cropping Systems in the Brazilian Northeast.. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.26, p.1-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43836>

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

PINHEIRO, C. H. N.; LIMA, V. M. M.; SILVA, M. M.; ROCHA, K. R. Utilização de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Scientific Electronic Archives**, v 13, n. 8, p.43-50. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13820201044>

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; GITTI, D. C.; GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 639-649, 2017.

PROCÓPIO, S. O.; CRUZ, M. A. S.; ALMEIDA, M. R. M.; JESUS JÚNIOR, L. A.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; CARVALHO, H. W. L. **Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. 62 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 221)

RAFFI, M.M. & CHARYULU, B.B.N. **Azospirillum - biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status**. Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry. v. 2, n. 1, p.193-209, 2021.

ROCHA, S. R. **Indicadores físicos de qualidade de um latossolo sob diferentes sistemas de uso e manejo**. 2019. p. 38. Trabalho de Conclusão de Curso (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia_ - Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

SANTOS, T. S. **Inoculação via foliar de bactérias diazotróficas em milho cultivado sob diferentes manejos de solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo. p. 56. 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed.Viçosa: UFV, 2006.

SNEATH, P.H. E SOKAL, R.R. (1973) - **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. 1ª ed. San Francisco, W. H. Freeman, 573 p.

SOUZA, C. F. **Desempenho agrônomo e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho**. 2017. 50 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.

SOUZA E. M, GALINDO F. S, TEIXEIRA FILHO M. C. M, SILVA R. T, SANTOS A. C, FERNANDES G. C (2019). A aplicação de nitrogênio associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* influencia a nutrição e a produtividade do milho? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 23:53-59.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MARRIEL, I. E.; DA SILVA, P. R. F. Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 110-119, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TOKURA, L. K., SECCO, D., JÚNIOR, L. A. Z., SIQUEIRA, J. A. C., DE SOUZA, S. N. M., BARICATTI, R. A., CENTER, N. M. R. (2018). Structuring of a Haplortox by soil cover species. **Journal of Agricultural Science**, 10(11), 299-310.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. **Forage Analysis Procedures**. **National Forage Testing Association**. Omaha/NE,. p.154. 1993.

VAN SOEST, P. J. Van. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: **Cornell University**, 1994. 476p.

ZIN, Z., SECCO, D., VILLA, B. D., TOKURA, L. K., ALOVISI, A. M. T., DE MARINS, A. C., SILVEIRA, L. D. (2019). Nutrient cycling by cover species and yield of soybean grains in a clayey Oxisol under no-tillage system. **Journal of Agricultural Science**, 11(7), 294-30.

CAPÍTULO III

**ANÁLISE FINANCEIRA DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE
COMO SUBPRODUTO DA EXPLORAÇÃO DE ESPIGAS COMERCIAIS EM
SERGIPE**

ANÁLISE FINANCEIRA DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO VERDE COMO SUBPRODUTO DA EXPLORAÇÃO DE ESPIGAS COMERCIAIS EM SERGIPE

RESUMO

O aumento dos índices produtivos cresce paralelamente aos custos de produção, sendo os fatores que determinam a lucratividade da empresa rural. O objetivo com este trabalho é comparar financeiramente a melhor configuração entre sistemas de cultivo, cultura antecedente e adubação para a produção de forragem de milho verde que direcione para o máximo retorno econômico, seja socialmente justa e culturalmente aceita pelos produtores. O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe, em uma área experimental composta por faixas experimentais com parcelas subdivididas, onde nas faixas foram dispostos os sistemas de cultivo convencional (CC), mínimo (CM) e plantio direto (PD) e nas parcelas de forma aleatória e em três repetições as culturas antecedentes crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) com presença combinada da adubação nitrogenada (N) e inoculação (I) com *Azospirillum brasilense*. Os dados foram apresentados como uma lavoura comercial, de acordo com as práticas geralmente utilizadas por produtores da região, sendo que os custos são referentes a safra 2020 do milho. Os custos da análise financeira foram determinados pela metodologia descrita por Matsunaga et al., (1976) proposta pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Para isso foram avaliados o Custo Operacional Efetivo, produtividade média de forragem (ton./ha), Receita Bruta (RB), Receita Total (RT) para cada tratamento (Sistema de cultivo x Cultura antecedente x Adubação). Observou-se que o CC/Guandu/N e CC/Guandu/I promoveram maiores custos de produção, sendo de R\$11163,37 e R\$11091,79, respectivamente. CC/Milheto/N e CC/Milheto/I promoveram menores custos de produção de R\$7464,55 e R\$7392,97, respectivamente. O CM/Caupi/I registrou maior produtividade de forragem de milho verde com 16680,0 toneladas/ha e o CC/Crotalária/I registrou menor produtividade com 11860,0 toneladas/ha. A maior RB foi registrada no CM/Caupi/I (R\$9510,00) e a menor no CM/Crotalária/I (R\$6760,00). O maior RT foi de R\$18293,37 e R\$18291,79, respectivamente para o CC/Guandu/N e CC/Guandu/I e o menor foi no PD/Milheto/N e PD/Milheto/I (R\$14494,55 e R\$14612,97, respectivamente).

Palavras-chave: Economia rural; Culturas antecedentes; Custo Operacional Efetivo; Forragicultura; Rentabilidade; *Zea Mays* L.

FINANCIAL ANALYSIS OF GREEN CORN FODDER PRODUCTION AS A BYPRODUCT OF COMMERCIAL COB HARVESTING IN SERGIPE

ABSTRACT

The increase in production rates grows parallel to the production costs, being the factors that determine the profitability of the rural enterprise. The objective with this work is to financially compare the best configuration among cropping systems, preceding crop and fertilization for the production of green corn fodder that directs to the maximum economic return, is socially fair and culturally accepted by producers. The study was conducted on the experimental farm of the Federal University of Sergipe, in an experimental area composed of experimental strips with subdivided plots, where in the strips the conventional (CC), minimum (CM) and no-till (PD) cropping systems were arranged and in the plots in a randomized manner and in three repetitions the antecedent crops crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), cowpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and millet (*Pennisetum americanum* L.) with the combined presence of nitrogen fertilization (N) and inoculation (I) with *Azospirillum brasilense*. The data were presented as a commercial crop, according to the practices generally used by producers in the region, and the costs are for the 2020 corn crop. The costs of the financial analysis were determined by the methodology described by Matsunaga et al., (1976) proposed by the Institute of Agricultural Economics (IEA). To this end, the Effective Operational Cost, average productivity of forage (ton./ha), Gross Revenue (RB), Total Revenue (RT) were evaluated for each treatment (Cultivation System x Previous Crop x Fertilization). It was observed that CC/Guandu/N and CC/Guandu/I promoted higher production costs, being R\$11163.37 and R\$11091.79, respectively. CC/Milheto/N and CC/Milheto/I promoted lower production costs of R\$7464.55 and R\$7392.97, respectively. The CM/Caupi/I recorded higher green corn forage productivity with 16680.0 tons/ha and the CC/Crotalaria/I recorded lower productivity with 11860.0 tons/ha. The highest RB was recorded in CM/Caupi/I (R\$9510.00) and the lowest in CM/Crotalaria/I (R\$6760.00). The highest RT was R\$18293.37 and R\$18291.79, respectively for CC/Guandu/N and CC/Guandu/I and the lowest was in PD/Millet/N and PD/Millet/I (R\$14494.55 and R\$14612.97, respectively).

Keywords: Rural economics; Previous Crops; Effective Operational Cost; Forage crops; Profitability; *Zea Mays* L.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produção de alimentos de qualidade e em quantidade suficiente depende, principalmente, do crescimento da população, onde o setor agrícola determina questões sobre a adoção de tecnologias que possibilitem a verticalização da produtividade paralelamente à preservação da qualidade do solo, da água e do ar, no âmbito da sustentabilidade agrônômica, econômica e socioambiental (MENDONÇA, 2017).

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, originária do México há 7.300 anos. Alguns pesquisadores acreditam que ele surgiu do Teosinte (*Zea mexicana* L.), uma gramínea anual com origem no México e Guatemala, pela seleção do homem, enquanto outros consideram que ambos originaram-se de um ancestral comum há mais tempo (SOUZA, 2017). Ele apresenta elevada importância socioeconômica para a agricultura brasileira, sendo produzido em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários, onde a produção de grãos é destinada à fabricação de rações para a alimentação animal e para o consumo de boa parte da população, além de ser aproveitado para a produção forrageira, de energia e materiais industriais (CONTINI et al., 2019; SIMIONI, 2017; XIAOTONG et al., 2018).

Na safra de 2019/2020 e 2020/2021 o Brasil produziu mais de 102 milhões e 87 milhões de toneladas (ton.) de milho grão, respectivamente, firmando-se como o terceiro maior produtor do mundo e o segundo maior exportador com cerca de 38 milhões de ton. (CONTINI et al., 2018; MARINI, 2021; CONAB, 2022). Enquanto o país ocupou o 3º lugar no ranking mundial, Sergipe apresentou uma queda na produção, passando de 917,4 mil ton. para 687,6 mil ton. entre as safras de 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente. Apesar desse quadro não ter sido tão animador, a previsão para a safra de 2021/2022 no estado é de 905,6 mil ton. com rendimento médio de 5.505 kg/ha (CONAB, 2022).

A associação desfavorável entre o plantio fora de época e o baixo índice pluviométrico durante o período de maior exigência do milho é um dos principais fatores que justificam o decréscimo da produtividade na safra de 2020/2021 (IBGE, 2021). No entanto, apesar do baixo índice produtivo, o estado manteve-se como o 4º maior produtor de milho do Nordeste e o 2ª em rendimento médio, graças aos investimentos dos produtores em sementes de qualidade, melhoria nas técnicas de plantio e uso de novos maquinários agrícolas (SEAGRI, 2021).

É importante ressaltar que, o aumento dos índices produtivos cresce paralelamente aos custos de produção, sendo estes os fatores que determinam a lucratividade da empresa rural. Entretanto, os produtores tomam decisões separadas, principalmente na produção do milho,

que depende fortemente do suprimento de insumos (ARTUZO et al., 2018). A maioria dos agricultores administram suas propriedades informalmente, sem controle financeiro e/ou econômico sobre o processo produtivo. Não utilizam ferramentas que auxiliem na gestão financeira por não terem o conhecimento e reconhecimento sobre a sua importância e funcionalidade (SANTOS, PEREIRA, VICTOR & BORGUES, 2019). No entanto, em função do aumento da demanda, alta competição e períodos de crise econômica, o agricultor tende a mudar esse comportamento quanto à gestão mais eficaz dos recursos de forma a não comprometer o futuro do empreendimento. Por isso, no decorrer dos anos houve um aumento em pesquisas relacionadas aos custos de produção, assim como em suas estimativas (BORSOI, 2017).

Nos sistemas de produção agrícola os custos são todas as despesas relacionadas com a cultura desde o período que antecede o plantio até o pós-colheita, incluindo mão de obra, preparo do solo, aquisição de sementes, adubos, defensivos, herbicidas, combustíveis, água e energia (ARTUZO et al., 2018).

Em Sergipe, o preparo do solo é realizado utilizando técnicas convencionais com uso intensivo de tratores pesados nas áreas. Esse tipo de manejo é constantemente aplicado na região pela praticidade, aliado ao maior rendimento e facilidade nas operações. O uso de máquinas pesadas é freqüente em solos com condições de umidade inadequada, o que tem resultado em compactação subsuperficial e pulverização do solo (PACHECO et al., 2020). Além disso, o tipo de solo predominante no estado (Argissolo Vermelho-amarelo), que naturalmente apresenta características de baixa fertilidade também corresponde a solos com predisposição a degradação por exploração intensiva e uso inadequado dos sistemas (PROCÓPIO et al., 2019).

De modo geral, o sistema de plantio direto tem sido recomendado, dentre as práticas agrícolas de manejo do solo em benefício da sustentabilidade de produção dos solos tropicais do Brasil (FERREIRA, REBEQUI & BOGIANI, 2020). Os fertilizantes nitrogenados também tem contribuído com o aumento da produtividade das culturas, no entanto, a rentabilidade sobre as diferentes fontes são pouco conhecidas. Logo, o emprego de vários sistemas de produção devem considerar os aspectos técnicos e econômicos, por isso, é importante avaliar a viabilidade econômica de todo e qualquer prática agrícola adotada (JUNG, 2017).

Um bom levantamento e gerenciamento agrícola depende da avaliação sobre a eficiência de cada etapa operacional, do início da cultura ao final de todo o processo, por menor que seja (SOUZA & FERNANDES, 2020). Neste contexto, é significativo levar em

consideração sistemas que apresentem maior eficiência de produção para expandir a competição da cultura no mercado e promover maior rentabilidade ao produtor e uma das formas para indicar a eficiência econômica de um sistema de produção é através da produtividade obtida e dos insumos utilizados, isto é, por meio da análise de custos e receitas geradas no sistema de produção (SIMIONI, 2018; FEITOSA et al., 2018).

Estudos econômicos relacionados à cultura do milho ainda estão em processo de aperfeiçoamento, fazendo-se necessário o conhecimento dos custos e receitas para os produtores determinarem a viabilidade de suas atividades (RODRIGUES, 2018).

Dessa forma, o objetivo com esse trabalho é comparar financeiramente a melhor configuração entre sistemas de cultivo, cultura antecedente e adubação para a produção de forragem de milho verde que direcione para o máximo retorno econômico, e que seja socialmente justa e culturalmente aceita pelos produtores nas safras subsequentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Sergipe - Campus Rural (10°55'24" S e 37°11'57" W), município de São Cristóvão - SE. Estudos científicos têm sido conduzidos nessa área desde 2001 utilizando três sistemas de cultivos: CC, CM e PD associados ao plantio de quatro culturas antecedentes ao milho verde. Adotou-se o esquema experimental em faixas experimentais com parcelas subdivididas (PIMENTEL & GOMES, 1987) onde nas faixas foram dispostos os três sistemas de cultivo: cultivo convencional (CC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD); já nas parcelas subdivididas foram implantadas as quatro culturas antecedentes: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) e presença combinada de duas adubações: 100% da dose recomendada de adubação nitrogenada na forma de ureia com ausência de inoculação e 50% da dose recomendada com 50% de inoculação. Os resultados apresentados nesse estudo se referem ao 20º ano de cultivo.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico de sedimentos provindos do grupo Barreiras (SANTOS et al., 2018). O tipo climático da região é As, segundo Köppen e Geiger, caracterizado como tropical chuvoso com estação seca de verão. A precipitação pluviométrica média anual é de 1145 mm e temperatura média anual de 25,3°C (CLIMATE-DATA). Os índices de temperatura (OC) média mensal e precipitação (mm) durante o experimento estão ilustradas no Gráfico 1.

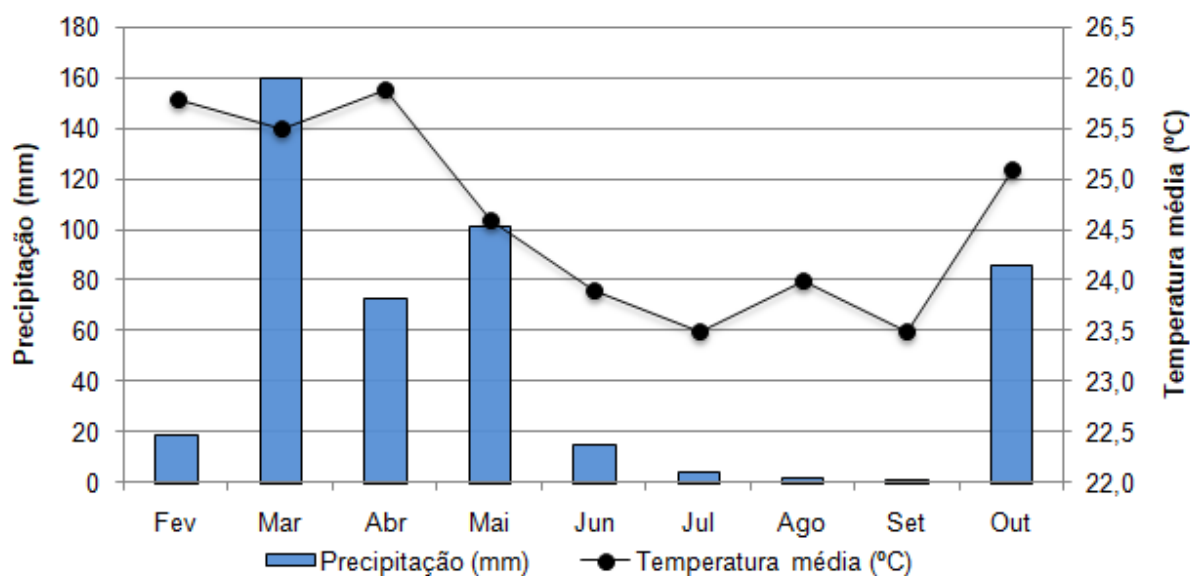


Gráfico 1. Dados médios de precipitação acumulada mensalmente, em milímetros (mm); temperatura média em graus Celsius (°C) em São Cristóvão - SE, registradas durante o experimento, no período de fevereiro de 2020 a outubro de 2020.

Cada faixa possui área de 830 m² divididas em 12 subparcelas com 60 m² cada e espaçamento de 1 m entre si. Cada faixa foi preparada da seguinte forma: CC - Grade niveladora (profundidade até 10 cm) + Grade aradora (profundidade até 30 cm) + grade niveladora; CM - Grade niveladora leve fechada (profundidade até 8 cm) e; PD - Sem revolvimento do solo. No PD, as plantas invasoras foram controladas, apenas, com capina manual ou associada a aplicação de herbicidas de ação total Glyphosate - antes da semeadura) ou seletivo (Nicosulfuron - após semeadura do milho), quando necessário. As culturas antecedentes foram semeadas aleatoriamente, com espaçamento médio de 0,5 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas e após 90 dias foram cortadas e depositadas no solo.

Utilizou-se a variedade de milho híbrido convencional de duplo propósito (produção de espiga de milho verde e forragem para silagem) - BM 3066 da Biomatrix, de ciclo precoce, grão dentado-amarelo, com população média de 55-70 mil plantas ha⁻¹ (verão) e 50-55 mil plantas ha⁻¹ (inverno). As sementes de milho foram tratadas previamente com inseticida

(imidacloprido e tiodicarbe) CropStar e inoculadas com produto comercial líquido Azototal® (Total-bio) à base de estirpes (AbV5 e AbV6) de *Azospirillumbrasilense* (garantia de 2×10^{11} UFC/L), na dose de 100 mL para cada 25 kg de sementes, aplicado e homogeneizado diretamente nos grãos, conforme especificações do fabricante e semeadas imediatamente. A semeadura foi realizada em Junho de 2020, de forma mecanizada com a plantadeira pneumática Jumil, modelo POP EX 2670, adotando-se o espaçamento médio de 0,8 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas.

A adubação nitrogenada de cobertura do milho foi aplicada na forma de ureia, na dose de 120 kg ha^{-1} (45% de N) para o tratamento com 100% da adubação nitrogenada e o tratamento inoculado recebeu metade dessa quantidade, sendo todos parcelados entre a semeadura, aos 30 e 45 dias após a germinação de todas as plântulas. Também se aplicou o fósforo na forma de superfosfato triplo, na dose de 90 kg ha^{-1} (19% de P_2O_5) e 110 kg ha^{-1} (59% de K_2O) de potássio na forma de cloreto de potássio, conforme valores estabelecidos por Sobral et al., (2007) para a cultura do milho independente do tratamento, baseados na análise de solo.

A irrigação do milho verde ocorreu durante o ciclo de 85 dias por aspersão convencional durante 40 minutos por dia, com fornecimento de 7 mm de lâmina d'água de segunda-feira à sexta-feira.

As combinações entre os tratamentos do experimento fatorial do estudo foi $3 \times 4 \times 2$, sendo 3 níveis compostos pelos sistemas de cultivo, 4 níveis compostos pelas culturas antecedentes e 2 níveis compostos pela adubação, totalizando 24 tratamentos. Cada subparcela útil foi constituída por 16 m^2 , considerando 4 linhas centrais da subparcela com 4,0 m de comprimento cada uma.

2.1 Análise Financeira

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos em condições experimentais, porém, com o objetivo de estimar os custos de produção de forma simples, considerou-se cada tratamento como uma lavoura comercial, de acordo com as práticas geralmente utilizadas por produtores da região Sergipana.

Para o cálculo de custo utilizou-se a metodologia descrita por Matsunaga et al., (1976), desenvolvido pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os indicadores analisados determinaram o Custo Operacional Efetivo da atividade – COE (R\$) que consiste

na soma das despesas diretas de custeio: operações realizadas, insumos (sementes, fertilizantes, defensivos, etc), mão de obra, maquinário (combustível, reparos), irrigação.

Os custos das operações mecanizadas foram obtidos a partir das atividades realizadas durante a safra 2020 do milho. Os valores médios para estas operações foram calculados considerando cada operação efetuada com o tempo empregado para a realização desta atividade, nos quais já estão incluídos o aluguel do trator com o implemento, a mão de obra do tratorista, os gastos com combustíveis e 10,0% referente a manobras e ajustes do maquinário. Os coeficientes técnicos individuais foram obtidos junto a Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), que presta assistência técnica aos produtores do estado ou com os produtores regionais. Os custos das operações manuais foram obtidos pelo número de homens/dia (Hora/Dia) considerando os preços médios pagos na região. Os custos com insumos foram adquiridos considerando o produto e a dose utilizada e os valores foram coletados de lojas agropecuárias na Grande Aracaju.

A produtividade da biomassa seca total foi estipulada à partir da coleta da forragem (folha+colmo) de cinco plantas da área útil, após a colheita do milho verdequando atingiram o estágio reprodutivo R3(Grãos leitosos) entre 70 e 85 DAP, contendo entre 70% e 80% de umidade nos grãos. Posteriormente, as plantas coletadas foram pesadas e submetidas a estufa para a determinação da matéria seca, seguindo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2006), sendo os valores extrapolados para kg ha⁻¹. Para a análise, foi considerado o percentual de 30% de perdas referente a senescência, colheita, armazenamento da forragem e retirada do campo, considerando os valores de produção de toneladas de forragem por hectare entre 40 e 50 ton. (DIAS-FILHO, 2012; SANTOS, et al., 2017).

Para a avaliação da lucratividade da atividade foram considerados os indicadores seguintes:

A Receita Bruta da forragem (ton./ha) foi estimado tendo como base o preço de venda para 30 kg de material verde (informação verbal⁷) no valor de R\$17,00, resultando em R\$0,57 por kg de forragem verde de milho ($R\$17,000/30,0 \text{ kg} = R\$ 0,57$), adotado pela maioria dos produtores da região e o valor foi convertido para a produtividade alcançada em cada tratamento individualmente (Sistema de cultivo x Cultura antecedente x Adubação).

Receita Bruta (RB) (MARTIN et al., 1998): $RB=R \times PU$.

Onde: R = rendimento da atividade por unidade de área;

Pu = preço unitário do produto da atividade.

⁷ Informação fornecida por discente da Universidade Federal de Sergipe.

A determinação da Receita Total do experimento foi dada pelo somatório da renda obtida pela venda da forragem do milho verde (preço de mercado)/ha mais o COE calculado para cada tratamento.

Em virtude da pesquisa ter sido realizada em uma Fazenda Experimental de Ensino, Pesquisa e Extensão, não foram considerados os itens relacionados aos custos fixos da atividade, como remuneração da terra, *pro-labore* do produtor, juros de instalações, benfeitorias, máquinas e equipamentos.

2.2 Análise estatística

Os dados foram submetidos à estatística descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As despesas com operações mecanizadas, manuais, insumos e demais gastos nos três sistemas de cultivo utilizando quatro culturas antecedentes (Crotalária; Feijão caupi; Feijão guandu e Milheto) com adubação nitrogenada e inoculação do milho verde estão representadas de forma simplificada na Tabela 1, com as respectivas receitas, compreendendo o período experimental do ano de 2020.

Deve ser considerado que cada propriedade possui particularidades quanto à topografia, fertilidade do solo, tipos de máquinas, área cultivada, nível tecnológico adotado e ainda, elementos administrativos que torna a estrutura dos custos de produção diferenciados (RICHETTI, 2021).

No presente estudo foi observado que o COE da produção da forragem de milho verde (tabela 5) considerando apenas os sistemas de preparo do solo (CC, CM e PD), sem considerar o valor das sementes das culturas antecedentes e do inoculante corresponde respectivamente a R\$7821,96/ha; 7597,56/ha e 7328,58/ha, respectivamente. Os principais fatores que explicam as diferenças observadas foram no uso das operações mecanizadas, cujo o aumento foram de 6,73% e 3,54% no CC e CM, respectivamente, em relação ao PD. Desta forma, é possível reconhecer que o uso e a quantidade de operações mecanizadas utilizadas nos sistemas de preparo do solo reflete no custo de produção.

Em um estudo realizado por Assunção (2018) para analisar a rentabilidade e a lucratividade da produção de milho verde na mesma área experimental do presente estudo, na safra de 2018 também foi possível observar valores diferentes no COE considerando apenas

os tipos de preparo do solo para o CC e o CM em relação ao PD, onde obteve-se, respectivamente, os valores de R\$7.376,81/ha; R\$7.152,41/ha e R\$6.779,5/ha.

Também foram encontradas diferenças no COE entre os sistemas de preparo do solo após inclusão das culturas antecedentes e sem a presença do inoculante, sendo de R\$11.760,84/ha; R\$11.536,44/ha e R\$11.267,46 (Tabela 5) para o CC, CM e PD, respectivamente. Dentre as culturas antecedentes utilizadas o milho contribuiu com o menor COE dentro dos sistemas de preparo solo, sendo a semente com o menor custo (R\$135,97/ha), onde o CC, CM e o PD apresentaram o COE de R\$7.957,93/ha; R\$7.733,53/ha e R\$7.464,55/ha, respectivamente quando cultivado sob adubação nitrogenada e R\$7.756,15/ha; R\$7.531,75 e R\$7.262,77 sob inoculação, apresentando redução no COE entre as adubações de 2,54%, 2,61% e 2,70%, respectivamente. Em contrapartida, o feijão guandu promoveu maiores custos no CC (R\$11.163,37) tornando o sistema mais oneroso quando comparado ao CM (R\$10.938,97) e o PD (R\$10.669,99) ao ser submetido a adubação nitrogenada e tendo o COE de R\$10.961,59 (CC), R\$10.737,19 (CM) e R\$10.468,21 (PD) com o uso da inoculação do milho verde. Dessa forma, o PD gerou uma economia de R\$493,38 e R\$269,96 quando comparado ao CC e CM (adubação nitrogenada), respectivamente e de R\$493,21 e R\$269,58 (inoculação) correspondendo a redução de 0,03% e 0,15% com o uso do guandu para as duas adubações, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pacheco et al., (2020) ao avaliarem a viabilidade econômica de sistemas de produção utilizando diferentes tipos de preparo do solo, rotação de culturas milho/soja e milho consorciado com *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis*, onde puderam verificar maior renda líquida total/ha quando o milho foi cultivado em monocultura no PD (R\$12.008,00) do que no CC (R\$9.771,00) e também em consórcio com a *Brachiaria decumbens*(R\$11.935,00) e *Brachiaria ruziziensis*(R\$12.418,00) ambos para o PD. Eles ressaltam que, os menores custos atribuídos ao sistema de PD ocorreram devido a eliminação da operação de preparo do solo, substituído pelo uso de herbicida e além do CC ser mais caro, ele despende de maior tempo por área e condições climáticas adequadas.

Tabela 5. Estimativa do Custo Operacional Efetivo (COE) para diferentes sistemas de preparo do solo cultivados com quatro culturas antecedentes ao milho verde sob adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense*, na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, referente ao ano de 2020.

Descrição	Especificação	Valor unitário (R\$)	Sistemas de Cultivo - Valor Total (R\$)		
			R\$		
A. OPERAÇÕES MECANIZADAS			Cultivo Convencional	Cultivo Mínimo	Plantio Direto
Grade Aradora	HH	94,06	224,4	0,00	0,00
Grade Niveladora	HH	94,06	690,41	690,41	0,00
Plantadeira - Semeadura do MV	HH	94,06	381,64	381,64	381,64
Pulverizador de herbicida e inseticida	HH	94,06	0,00	0,00	224,37
Irrigação (Aspersor)	KW.H ⁻¹	0,097	1337,19	1337,19	1337,19
Subtotal A			2633,64	2409,24	1943,2
B. OPERAÇÕES MANUAIS					
Calagem	HH	48,45	290,7	290,7	290,7
Aplicação de Herbicida	HH	48,45	581,4	581,4	581,4
Replantio das CA	HH	48,45	581,4	581,4	581,4
Adubação	HH	48,45	193,8	193,8	193,8
Tratos Culturais	HH	48,45	581,4	581,4	581,4
Corte de plantas	HH	48,45	96,90	96,90	96,90
Transporte da forragem	HH	48,45	96,90	96,90	96,90
Aplicação de lagarticida	HH	48,45	96,90	96,90	96,90
Preparação de adubo e sementes	HH	48,45	24,23	24,23	24,23
Subtotal B			2543,63	2543,63	2543,63
C. INSUMOS					
C1 - Fertilizantes					
Calcário	ton	95,00	207,86	207,86	207,86
Ureia (Cobertura)	kg	4,34	260,40	260,40	260,40
Cloreto de Potássio	kg	4,48	40,32	40,32	40,32
Superfosfato Simples	kg	3,18	57,24	57,24	57,24
Inoculante - <i>Azospirillum brasilense</i> ¹	mL	2,11	58,62	58,62	58,62
C2 - Sementes					
Milho (BM 3061)	kg	36,50	1403,79	1403,79	1403,79
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	kg	9	136,53	136,53	136,53
Feijão-Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	kg	7,50	324,97	324,97	324,97
Feijão Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	kg	72,2	3341,41	3341,41	3341,41
Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	kg	3,70	135,97	135,97	135,97
C3 - Agrotóxicos					
Herbicida <i>Glyphosate</i>		26,15	0,00	0,00	143,82
Herbicida <i>Atrazine</i>	l	16,03	60,11	60,11	60,11

Herbicida 2,4-D	1	25,35	0,00	0,00	53,24
Inseticida <i>Tiodicarbe</i>	1	266,71	123,31	123,31	123,31
Inseticida <i>Lannate</i>	1	26,60	31,66	31,66	31,66
Subtotal C			6182,19	6182,19	6379,25
D. OUTRAS DESPESAS					
Análise do Solo		46,00	460,00	460,00	460,00
Subtotal D		25,35	460,00	460,00	460,00
Custo Operacional Efetivo (COE) (A+B+C+D)			11819,46	11595,06	11326,08

HM= Hora máquina; HH= Hora homem; KW.H-1= Quilowatt por hora; Ton= Tonelada; Kg= Quilograma;
R\$= Real

¹Valor unitário calculado para 33,33 mL (100 mL = 6,33)

Fonte: ANDRADE, B. M. S. Elaboração com dados da autora, 2020.

Para reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados a adoção do uso de inoculante tem sido uma opção sem afetar o desenvolvimento das culturas (RAFFI & CHARYULU, 2020). Essa afirmativa corrobora com os resultados obtidos no estudo onde o COE dos sistemas de preparo do solo com a inoculação, sem considerar a adubação nitrogenada e as culturas antecedentes foi de R\$7.620,18 (CC), R\$7.395,78 (CM) e R\$7.126,80 (PD), enquanto que o COE com o uso do N sem as culturas antecedentes foi de R\$7.821,96 (CC), 7.597,56 (CM) e R\$7.328,58 (PD), sendo responsável pelo acréscimo de R\$201,78 quando comparado com a inoculação independente do sistema de preparo do solo.

No estudo de Pacheco et al., (2020) também foi observado maiores valores de produção com o uso da adubação nitrogenada (CC/R\$7305,76 e CM/R\$7081,36) no sistema de produção sem inoculação do milho via semente com *Azospirillum brasilense*. De certa forma, esse resultado era esperado, visto que, o custo com fertilizantes é elevado.

Mediante o emprego de tecnologias agrícolas, o produtor rural tem a oportunidade de aumentar o custo de uma variável enquanto reduz de outra e analisar qual combinação de decisões é melhor para a atividade agrícola, desde que seja viável economicamente e reflita no aumento da produtividade (ARTUZO, 2018).

Toda propriedade rural tem como objetivo a geração de lucros e estes, por sua vez, estão ligados a geração de receitas à partir da produção da cultura de valor comercial (ASSUNÇÃO, 2018). Com o objetivo de apresentar dados em relação a geração de renda, como forma de auxiliar o produtor na procura por informações sobre custo de produção e rentabilidade da forragem de milho verde, as tabelas 7 e 8 tem como objetivo apresentar o resumo da viabilidade financeira considerando a produtividade em kg ha⁻¹ da forragem de

milho verde cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo com culturas antecedentes e presença combinada de adubação nitrogenada e inoculação (tratamentos).

Os resultados apontam que a forragem obteve maior produtividade no tratamento do CM/Caupi/I atingindo 16.680 ton/ha enquanto o tratamento CM/Caupi/I alcançou o menor índice com 11.860 ton/ha, havendo um aumento de 42,81% entre os dois tratamentos. A RB da forragem verde produzida consta na tabela 6, onde foi possível verificar que o maior preço da forragem foi sob o tratamento do CM/Caupi/I (R\$9510,00) e o menor foi no CM/Crotalária/I (R\$6760,00). É possível observar que as RB foram proporcionais a produtividade atingida pela forragem, onde o tratamento que atingiu maior produtividade teve a RB mais elevada e consequentemente o tratamento que atingiu a menor produtividade obteve o menor RB. Isto quer dizer que, os preços de venda da forragem/ha estão diretamente relacionados com a produtividade atingida onde quanto maior a produção, maior serão os lucros, enquanto que menores produtividades irão gerar menos renda para o produtor.

Tabela 6. Custos Operacionais da produtividade da forragem de Milho Verde cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo com quatro culturas antecedentes e adubação nitrogenada, São Cristóvão - SE, referente a safra de 2020.

Sistema de Cultivo	Cultura antecedente	COE (R\$)	Produtividade média total de MV (kg/ha)	Receita Bruta (R\$/Ton)	Receita Total (RT) (R\$)
Cultivo Convencional	Crotalária	7958,49	12000,00	6840,00	14798,49
	Feijão-Caupi	8146,93	12800,00	7300,00	15446,93
	Feijão Guandu	11163,37	12500,00	7130,00	18293,37
	Milheto	7957,93	12700,00	7240,00	15197,93
Cultivo Mínimo	Crotalária	7734,09	12800,00	7296,00	15030,09
	Feijão-Caupi	7922,53	12800,00	7300,00	15222,53
	Feijão Guandu	10938,97	12600,00	7180,00	18118,97
	Milheto	7733,53	12600,00	7180,00	14913,53
Plantio Direto	Crotalária	7465,11	12560,00	7160,00	14625,11
	Feijão-Caupi	7653,55	12260,00	6990,00	14643,55
	Feijão Guandu	10669,99	12640,00	7200,00	17869,99
	Milheto	7464,55	12330,00	7030,00	14494,55

Fonte: ANDRADE, B. M. S. Elaborado com dados da autora, 2020.

A receita bruta de um sistema é definido pelos índices de produtividade e preços de comercialização, definidos neste trabalho como preço de mercado (R\$/ha), viabilizando verificar a rentabilidade do sistema adotado (RODRIGUES et al., 2018).

De acordo com os dados apresentados é possível observar que a menor RT foi para o tratamento do PD/Milheto/N e PD/Milheto/I, sendo de R\$14494,55 e R\$14612,97, respectivamente. Em contrapartida, as maiores RT foram observadas no CC/Guandu/N e CC/Guandu/I com R\$18293,37 e R\$18291,79, respectivamente. No entanto apesar desses valores terem se sobreassado a produtividade da forragem não foi tão expressiva, como conta na tabela 7.

Tabela 7. Custos Operacionais da produtividade da forragem de Milho Verde cultivado em diferentes sistemas de preparo do solo com quatro culturas antecedentes e sob inoculação com *Azospirillum brasilense*, São Cristóvão - SE, referente a safra de 2020.

Sistema de Cultivo	Cultura antecedente	COE (R\$) ²	Produtividade média total de MV (kg/ha) ²	Receita Bruta (RB) (R\$/Ton) ²	Receita Total (RT) (R\$) ²
Cultivo Convencional	Crotalária	7886,91	11860,00	6760,00	14646,91
	Feijão-Caupi	8075,35	12300,00	7010,00	15085,35
	Feijão Guandu	11091,79	12630,00	7200,00	18291,79
	Milheto	7886,35	12770,00	7280,00	15166,35
Cultivo Mínimo	Crotalária	7662,51	12610,00	7190,00	14852,51
	Feijão-Caupi	7850,95	16680,00	9510,00	17360,95
	Feijão Guandu	10867,39	12620,00	7190,00	18057,39
	Milheto	7661,95	12710,00	7240,00	14901,95
Plantio Direto	Crotalária	7393,53	13001,00	7410,00	14803,53
	Feijão-Caupi	7581,97	12610,00	7190,00	14771,97
	Feijão Guandu	10598,41	13010,00	7420,00	18018,41
	Milheto	7392,97	12660,00	7220,00	14612,97

² Inoculante

Fonte: ANDRADE, B. M. S. Elaborado com dados da autora, 2020.

4. CONCLUSÃO

O CC/Guandu/N e CC/Guandu/I promoveram maiores custos de produção na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, sendo de R\$11163,37 e R\$11091,79, respectivamente.

O CC/Milheto/N e CC/Milheto/I promoveram menores custos de produção na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe, sendo de R\$7464,55 e R\$7392,97, respectivamente.

O sistema CM/Caupi/I registrou maior produtividade de forragem de milho verde com 16680,0 toneladas/ha na área experimental, em São Cristóvão para a safra 2020.

O sistema CC/Crotalária/I registrou menor produtividade de forragem de milho verde com 11860,0 toneladas/ha na área experimental, em São Cristóvão para a safra 2020.

O CM/Caupi/I apresentou maior RB de R\$9510,00 dentre os tratamentos estudados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe.

O CM/Crotalária/I apresentou menor RB de R\$6760,00 dentre os tratamentos estudados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe.

O CC/Guandu/N e CC/Guandu/I apresentam maior RT de R\$18293,37 e R\$18291,79, respectivamente.

O PD/Milheto/N e PD/Milheto/I apresentaram menor RT de R\$14494,55 e R\$14612,97, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, Â. R. L. DE; SILVA, L. X. DA. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p.273–294, 2018.

ASSUNÇÃO, S. J. T. **Sustentabilidade do uso de tecnologias para o cultivo de milho verde nos tabuleiros costeiros em sergipe**. São Cristóvão, 2018. 206 p. Tese (Doutorado em De-senvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, UFS.

BORSOI, A. P. (2017). **Custos na atividade rural: um estudo de caso na produção de macieiras, ameixeiras e pessegueiros em uma propriedade familiar da serra gaúcha**. Caxias do Sul, (Monografia de Graduação em Ciências Contábeis). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em: 28 jan. 2022.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Milho -Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2019. p. 45. (Desafios do Agronegócio Brasileiro - NT2). Disponível em: ARTIGO MILHO Versão Final 19 fevereiro2019_rev_ort_bib.ACSB (embrapa.br).

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. p. 9. 2012. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 235).

FEITOSA, E. O.; ARAÚJO, A. F. B.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; BEZERRA, F. M. L. Análise de custos e rentabilidade na produção de mamão irrigado no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada; Fortaleza**. v.12, p. 2293-2304, 2018.

FERREIRA, A. C. B.; REBEQUI, A. M.; BOGIANI, J. C. Plantas de cobertura melhoram os solos agrícolas do Cerrado da Bahia. *Revista Aiba Rural. Morada Nobre- Barreiras*. v.18. p.

19-20, 2020. Disponível em: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2021/01/AibaRural-Edic%CC%A7a%CC%83o-18-1.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil - Setembro 2021**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/05b90baa755be91d586aad63347a57a0.pdf

JUNG, L. H. **Viabilidade técnica e econômica da produção de minimilho fertirrigado em Dourados-MS**. 2017. p. 80. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2017.

MARINI, W. Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo e maior exportador de carne bovina. **Diário do grande ABC**, Santo André, 07 jun. 2021. Disponível em: <https://www.dgabc.com.br/Noticia/3726498/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-do-mundo-e-maior-exportador-de-carne-bovina>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MATSUNAGA, Minoru et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, p.123-139, 1976.

PACHECO, E. P.; BARROS, I.; FERNANDES, M. F. F.; RANGEL, J; H. A.; TEIXEIRA, A. H. C. **Viabilidade econômica de sistemas de produção de milho, soja e pasto para o agreste do Sealba. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. 28 p. : il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 151)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1125959/viabilidade-economica-de-sistemas-de-producao-de-milho-soja-e-pasto-para-o-agreste-do-sealba>. Acesso em: 29 jan. 2022.

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

PROCÓPIO, S. O.; CRUZ, M. A. S.; ALMEIDA, M. R. M.; JESUS JÚNIOR, L. A.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; CARVALHO, H. W. L. **Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. 62 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 221)

RAFFI, M.M. & CHARYULU, B.B.N. **Azospirillum - biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status**. Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry. v. 2, n. 1, p.193-209, 2020.

RODRIGUES, C. C.; RIBEIRO, F. W.; SILVA, A. C.; ARAÚJO, M. S. Análise econômico-financeira da implantação do cultivo de milho verde. **AGRARIAN ACADEMY**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.5, n.9; p.19.2018.

SANTOS, A. N., PEREIRA, D. T. O., VICTOR, P. H. A. & BORGUES, F. Q. (2019). Importância da gestão financeira para agricultura familiar em sistemas agroflorestais. Observatorio de La Economia Latinoamericana 1-19. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/gestao-financeira-agricultura.html>.

SEAGRI. **Sergipe deve continuar como 4º maior produtor de milho do Nordeste em 2021.** 2021. Disponível em: https://www.se.gov.br/noticias/Desenvolvimento/sergipe_deve_continuar_como_4_maior_produto_r_de_milho_do_nordeste_em_2021-1

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

SIMIONI, F. J.; BARTZ, M. L. C.; WILDNER, L. P.; SPAGNOLLO, E.; VEIJA, M.; BARET-TA, D. Indicadores de eficiência técnica e econômica do milho cultivado em sistema plantiodireto no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, p. 232-241, mai/jun. 2017. Disponível em: 03 - 1887 - Flávio José - Milho.pmd (scielo.br).

SOUZA, C. F. **Desempenho agrônomo e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho.** 2017. 50 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.

SOUZA, L. H.; FERNANDES, V. L. Capacidade operacional e eficiência de campo da produção de silagem de milho cultivado em pivô central: estudo de caso. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 12, p. 01-05, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.15999>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/15999>

XIAOTONG, G., XIAO GUANG, D., YONGZHEN, W., JIESHAN, C., JUAN, Z., HONGXIA, Z., BEI, L. . (2018). Genetic Engineering of Maize (*Zea mays* L.) with Improved Grain Nutrients. **J. Agric. Food Chem.** Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05390>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tradicionalmente o cultivo no milho verde em Sergipe se destaca na região Agreste, sendo o maior pólo produtivo do estado e responsável pela movimentação da economia da região. Nesses locais o milho é produzido em áreas que adotam o sistema de cultivo convencional, cujo o preparo do solo ocorre por meio do revolvimento e nivelamento com maquinários pesados.

O uso dessas práticas convencionais na produção do milho verde tem acelerado o processo de compactação do solo, erosão e causado baixa fertilidade, fator que naturalmente já possui condições químicas desfavoráveis ao rendimento e produção de culturas agrícolas.

Além disso, a maioria dos agricultores não administram suas propriedades utilizando ferramentas que os auxiliem no controle financeiro e/ou econômico da sua empresa rural e descartam a importância do seu uso como forma de gerenciar a sua propriedade com o objetivo de aumentar a lucratividade do seu sistema de produção.

Dada a sua importância para o estado, é importante avaliar e adotar sistemas que apresentem maior eficiência de produção de baixo custo para evidenciar e aumentar a produtividade do milho resultando na maior rentabilidade para o produtor garantindo o desenvolvimento socioeconômico do local e a conservação do ambiente.

Com os dados coletados foi possível identificar qual é a melhor configuração para utilizar os sistemas de cultivo associados ao uso de culturas antecedentes e a combinação da adubação nitrogenada com inoculação via semente do milho verde, de forma que eles possam contribuir com a composição bromatológica, clorofila total e produtividade da forragem, sendo fundamentais para a identificação de uma forragem de qualidade, ao mesmo tempo que os melhores resultados reflitam na rentabilidade do sistema para o produtor.