

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

SANDERLEY SIMÕES DA CRUZ

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGENS DE SORGO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA NO CERRADO DE BAIXA ALTITUDE**

Ilha Solteira
2016

SANDERLEY SIMÕES DA CRUZ

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGENS DE SORGO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA NO CERRADO DE BAIXA ALTITUDE**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Orientador

Ilha Solteira
2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C957p Cruz, Sanderley Simões da .
Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração
lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude / Sanderley Simões da Cruz. –
Ilha Solteira: [s.n.], 2016
161 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. Sistemas integrados. 2. Sorghum bicolor. 3. Gramíneas.
4. Capim-marandu. 5. Capim-mombaça.

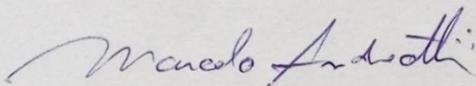
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado de baixa altitude

AUTOR: SANDERLEY SIMÕES DA CRUZ

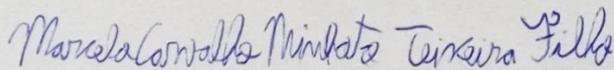
ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



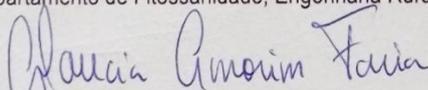
Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



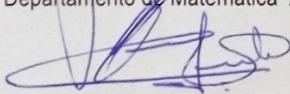
Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



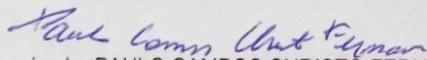
Profa. Dra. GLAUCIA AMORIM FARIA

Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. CINIRO COSTA

Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu



Pesquisador PAULO CAMPOS CHRISTÓ FERNANDES

Embrapa Cerrados / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Ilha Solteira, 04 de março de 2016

Dedico

À Deus, Jesus Cristo e a Nossa Senhora de Nazaré;

Aos meus avós Pedro e Inácia que me criaram, educaram e pelo amor incondicional o que me possibilitou chegar ao fim de mais essa jornada;

Aos meus pais José e Leonora pela vida, amor e carinho. Aos meus irmãos Alex e Yago, aos meus sobrinhos José Miguel e Letícia pelo amor e carinho, aos meus tios e tias, primos e primas por estarem sempre orando por mim;

À minha namorada Carol pela companhia, compreensão, ajuda e o mais importante: amor;

A Isabô Melina Pascoaloto pelo companheirismo e amizade neste trabalho;

À Índia Ayer, pelo amor, carinho e apoio no início desta caminhada;

E a todos os meus amigos(as) e pessoas que de forma direta ou indiretamente participaram dessa conquista.

AGRADECIMENTOS

Citando Carlos Drummond de Andrade: **“No meio do caminho tinha uma pedra, tinha uma pedra no meio do caminho, tinha uma pedra, no meio do caminho tinha uma pedra...”**. E no meio do meu caminho até aqui não havia só uma pedra, mas várias e, com certeza ainda terão muitas outras pelos outros caminhos que ainda trilharei. Mas, mesmo tendo muitas pedras, não desanimei e nem caminhei sozinho. Caminhei com muitas pessoas que me ajudaram a passar pelas pedras que tinham no meio do caminho, pessoas inesquecíveis que agora fazem parte da minha história e ajudaram a redigir mais um capítulo da minha vida.

Compartilho esta Tese com todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, com esta construção, desde o início da minha vida e este momento. E neste momento, tão especial para mim e minha família, é gratificante poder registrar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles (as) que ajudaram com amor, incentivo, vibrações positivas, orações, compreensão e esclarecimentos técnicos:

A Deus, a Jesus Cristo e a Nossa Senhora de Nazaré pelas graças e bênçãos concedidos, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e sempre iluminarem meus caminhos;

Aos meus avós Pedro e Inácia que me criaram como um filho, educaram e pelo amor incondicional e que agradeço todos os dias por tudo isso, aos meus pais José e Leonora, aos meus irmãos Alex e Yago, aos meus sobrinhos José Miguel e Letícia pelo amor e carinho nesses anos longe de casa, aos meus tios e tias, primos e primas por estarem sempre orando por mim;

A minha namorada Caroline de Aquino por estar comigo nesse momento tão especial da minha vida, pelo carinho, compreensão, ajuda na realização desta Tese e, o mais importante: Amor;

Ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti querido orientador, pelo profissionalismo, competência, orientação, amizade, conselhos, empenho, pela confiança em mim depositada e pela liberdade de ações na realização deste e de outros trabalhos desenvolvidos. Seus exemplos serão referência para todo o meu futuro, onde certamente todos os ensinamentos serão sempre lembrados. Serei sempre muito grato por tudo e me orgulho muito em tê-lo como orientador e poder chama-lo de amigo;

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira FEIS/UNESP, meus sinceros agradecimentos pelas condições oferecidas e possibilidade de engrandecimento profissional;

Aos Departamentos de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, e Biologia e Zootecnia pelo apoio nas análises realizadas.

A todos os professores da FEIS pelo conhecimento repassado nas disciplinas e disponibilidade em tirar as dúvidas deste experimento;

A todos os funcionários da FEIS, sendo em especial: Sidival Antunes Wilder Jordão (técnicos do Laboratório de Bromatologia), Valdivino dos Santos, Alvinho Silva, César Seleguim, Juliano Borges (técnicos da FEPE) e Marcelo Rinaldi (técnico do Laboratório de Nutrição de Plantas) pela amizade e auxílio na realização das análises em seus respectivos departamentos;

À Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS, assim como a todos os seus funcionários, pelo auxílio na concessão da área experimental e de condições para a realização deste trabalho;

Aos Professores Dra. Glaucia Amorim Faria, Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Dr. Ciniro Costa (FMVZ/UNESP – Campus de Botucatu) e Dr. Paulo Campos Christo Fernandes (EMBRAPA Cerrados), por aceitarem o convite para participar da comissão examinadora desta defesa de Doutorado;

Ao meu amigo de longa data Fabrício Marçal pela amizade e companheirismo;

A Isabô Melina Pascoaloto pela amizade e auxílio em todas as etapas de desenvolvimento deste projeto;

Aos amigos da Equipe Andreotti: Gilmar Cotrin (Zumbi), João Vitor Lattari, Gabriela Noronha (Noviça), Ligia Videira (Panqueca), Allan Hisashi Nakao, Lourdes Dickmann, Viviane Modesto, Cássia Garcia, Deyvison Soares, Jefferson Garcia, Eric Hiroki (Hypoglos), Ana Carolina Almeida, Catharine Breidenbach Daudt, Bruno Bueno, Guilherme Franzote (Frangote), Isabela Maria Dias, Dra. Nídia Raquel Costa e Dr. João Paulo Ferreira pelo carinho, amizade e inestimável ajuda no desenvolvimento deste projeto;

Aos amigos de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência Animal da FEIS com que pude conviver nestes três anos e onde pudemos partilhar conhecimentos e alegrias;

Aos amigos do futebol das terças e quintas do Master 30, onde pude fazer boas amizades;

À Índia Ayer, pelo amor, carinho e apoio no início desta caminhada e aos seus tios Dulcídio e Elgar Bernardes e sua família com quem pude partilhar bons anos de minha vida e que irão sempre morar em meu coração;

Ao meu amigo Samuel Carvalho de Aragão, pelo apoio na busca dos meus sonhos e amizade. Aos meus amigos de trabalho do Campus Rural de Marabá - IFPA, aos amigos Aline Batista, Adriano Moraes, Mariana Oliveira, Dalcione Marinho e Sandro Barbosa pelo apoio.

Enfim, a todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta Tese.

Que nenhuma família comece em qualquer de repente
Que nenhuma família termine por falta de amor...
Que nenhuma família se abrigue debaixo da ponte...
E que o homem carregue nos ombros a graça de um pai
Que a mulher seja um céu de ternura, aconchego e calor
E que os filhos conheçam a força que brota do amor!
Abençoa, Senhor, as famílias! Amém!
Abençoa, Senhor, a minha também.

Oração pela família, Padre Zezinho.

RESUMO

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária tornam-se cada vez mais importantes, devido principalmente às dificuldades encontradas pelos pecuaristas em investir o capital na reforma das pastagens, e, dos agricultores, na recuperação do potencial produtivo das lavouras, no tocante a problemas relacionados à redução do teor de matéria orgânica do solo, ocorrência de pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas. Nestes sistemas, a utilização de pastagens na entressafra pode servir como auxílio a estes entraves. Portanto, este trabalho de pesquisa objetivou determinar a produtividade e a qualidade de silagens de sorgo forrageiro em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça e/ou guandu-anão (*Cajanus cajan*); e a produtividade e qualidade da pastagem de capim-marandu e capim-mombaça, após o consórcio com o sorgo no Sistema Integrado de Produção Agropecuária em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso na região de Cerrado de baixa altitude, no período de dois anos agrícolas (2013/2014 e 2014/2015). E ao final do experimento avaliar as alterações nos atributos químicos e físicos do solo, nas camadas de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de profundidade, bem como analisar o desempenho econômico da produção das silagens de sorgo em consórcios com gramíneas tropicais e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária durante o período de estudo. Os resultados demonstram que o consórcio do sorgo forrageiro com as gramíneas *U. brizantha* cv. Marandu, *M. maximum* cv. Mombaça e/ou guandu-anão no momento do primeiro corte foram viáveis para a produção de silagens tanto em quantidade como em qualidade bromatológica. O uso da rebrota do sorgo forrageiro em monocultivo ou em consórcio com a gramínea Marandu e guandu-anão, com Marandu, com guandu-anão apresentam-se como uma boa alternativa na produção de forragem para a produção de silagem de qualidade no período de entressafra. O cultivo da rebrota do sorgo com a gramínea *M. maximum*, mostrou-se pouco viável em termos produtivos. As gramíneas Marandu e Mombaça cultivadas no outono inverno após o consórcio com o sorgo, apresentaram baixa produtividade para ser usada para pastejo e conseqüentemente proporcionaram baixa cobertura do solo para o uso no sistema plantio direto. Os sistemas de consórcio do sorgo com Marandu, Mombaça e/ou guandu-anão apresentaram alta exportação de nutrientes do solo e mesmo com o tráfego de máquinas, alteraram positivamente as características químicas do solo, tornando todos os sistemas de cultivo opções viáveis para a produção de silagem de sorgo consorciado com gramíneas e guandu-anão para 2 cortes anuais. Os consórcios do sorgo

forrageiro com Marandu, Mombaça e/ou guandu-anão para produção de silagem e, posterior formação de pastagens foram economicamente viáveis.

Palavras-chave – Sistemas integrados. *Sorghum bicolor*. Gramíneas. Capim-marandu. Capim-mombaça.

ABSTRACT

Currently, integrated agricultural production systems become increasingly important, mainly due to difficulties encountered by farmers to invest capital in the reform of the pastures, and farmers in the recovery of the potential productive of crops, in respect of related problems in reducing the organic matter of soil, occurrence of pests, diseases, nematodes and weeds. In these systems, the use of pastures in the off season can serve as an aid to these barriers. Therefore, this research aimed to determine the productivity and quality of sorghum forage in consortium with *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça and/or dwarf pigeon pea (*Cajanus cajan*); and productivity and quality Marandu and Mombaça grass pasture after the consortium with sorghum in the Integrated Agricultural Production System in a LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso soil in low-lying Cerrado region during the two agricultural years in 2013/2014 and 2014/2015. At the end of the experiment was to evaluate changes in chemical and physical properties of soil, layer 0 to 0.10 m and 0.10 to 0.20 m deep and analyze the economic performance of the production of sorghum silage in consortia with tropical grasses and/or pigeon pea dwarf in Integrated Agricultural Production during the study period. The results demonstrate that the consortium of sorghum with the Marandu, Mombaça and/or pigeon pea dwarf at the first cut were viable for the production of silage both in quantity and in bromatological quality. As well as the use of regrowth of sorghum in monoculture, in consortium with Marandu and pigeon pea dwarf, with Marandu and with pigeon pea dwarf are presented as an good alternative in the production of animal feed to produce quality silage in the off-season. The cultivation of sorghum regrowth with the Mombaça, in this experiment, proved impractical in production prospects. Grasses Marandu and Mombaça grown in winter fall after the consortium with sorghum, showed low productivity to be used for grazing and hence provided low ground cover for use in no-till system. Sorghum consortium systems with Marandu, Mombaça and/or pigeon pea dwarf showed high export of soil nutrients, and even with the traffic machines, positively altered the chemical characteristics of the soil, making all farming systems viable options for the production of intercropped sorghum silage with grass and dwarf pigeon pea to two annual cuts. The consortia of sorghum with Marandu, Mombaça and/or dwarf pigeon pea for silage and later cattle pasture were economically viable.

Keywords—Integrated systems. *Sorghum bicolor*. Grasses. Marandu grass. Mombaça grass.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Vista aérea de parte da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FE/UNESP), onde se encontrava o local de condução do experimento. Selvíria, MS 35
- Figura 2** – Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima mensais no período de novembro de 2013 a setembro de 2015 coletados na estação meteorológica da FEPE. Selvíria, MS 36
- Figura 3** – Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção de forragem para silagem no 1º corte do sorgo e seus consórcios, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS 36
- Figura 4** – Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção de forragem para silagem no momento da rebrota do sorgo e seus consórcios, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS 37
- Figura 5** – Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção das gramíneas forrageiras pós consórcio com sorgo e/ou guandu-anão, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS 37
- Figura 6** – Semeadura do sorgo solteiro e gramíneas forrageiras na área experimental. FEPE. Selvíria, MS. Safra 2014/2015 40
- Figura 7** – Silos experimentais e saco de pano contendo areia usados no processo de ensilagem nos dois anos de cultivo. FEPE. Selvíria, MS 43
- Figura 8** – Silos experimentais abertos 30 dias após a ensilagem 44
- Figura 9** – Conjunto de prensa utilizado para extrair o suco da silagem 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Parâmetros utilizados para qualificação das silagens	34
Tabela 2	– Caracterização química inicial do solo nas profundidades de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m na área experimental. Selvíria, MS	38
Tabela 3	– Características físicas iniciais de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT), densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e resistência mecânica à penetração (RMP) do solo na área experimental. Selvíria, MS	39
Tabela 4	– Estoque de carbono inicial no solo na área experimental. Selvíria, MS	50
Tabela 5	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Altura (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas (ESTANDE DESORGO) de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	54
Tabela 6	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentos x Ano, para altura (ALT) e diâmetro basal do colmo (DIA) de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude no momento, do primeiro corte. Selvíria, MS	56
Tabela 7	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para o estande de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	57
Tabela 8	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Produtividade de massa verde de sorgo (PMVS), de gramíneas forrageiras (PMVGF), de guandu-anão (PMVG) e total (PMVT) nos tratamentos avaliados em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento	

	do primeiro corte. Selvíria, MS	58
Tabela 9	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para as variáveis Produtividade de massa seca do sorgo (PMSS), gramíneas forrageiras (PMSGF), guandu-anão (PMSG) e massa seca total (PMST) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, momento do primeiro corte. Selvíria, MS	60
Tabela 10	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para produtividade de massa verde (PMVGF) e seca (PMSGF) das gramíneas forrageiras dos consórcios com o sorgo e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	62
Tabela 11	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Porcentagem de participação das frações colmo, folhas e panícula na planta de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão, com base na massa verde, em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	63
Tabela 12	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para % de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	64
Tabela 13	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para teor de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	66
Tabela 14	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de cinzas (CZ), carboidrato total (CT) e carboidrato não estrutural (CNE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa	

	altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	67
Tabela 15	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para teores de cinzas (CZ) e carboidrato total (CT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	68
Tabela 16	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	69
Tabela 17	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano para teores de fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem) e celulose (Cel) na silagem de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	72
Tabela 18	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para pH, nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	74
Tabela 19	– Valores médios, teste tukey e P-valor da ANAVA para teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	76
Tabela 20	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) na silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em	

	região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	77
Tabela 21	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de fósforo (P) e potássio (K) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	79
Tabela 22	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	79
Tabela 23	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para perdas por gases (PG), produção de efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) na produção de silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS	80
Tabela 24	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Altura (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas (ESTANDE DE SORGO) do sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	83
Tabela 25	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para altura (ALT) e estande das plantas de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	84
Tabela 26	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para a Produtividade de massa verde de sorgo (PMVS), de gramíneas forrageiras (PMVGF), de guandu-anão (PMVG) e total (PMVT) nos tratamentos avaliados em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento	

	da rebrota. Selvíria, MS	86
Tabela 27	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para produção de massa verde das gramíneas forrageiras (PMVGF), guandu-anão (PMVG) e massa total (PMVT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	87
Tabela 28	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Produtividade de massa seca do sorgo (PMSS), gramíneas forrageiras (PMSGF), guandu-anão (PMSG) e massa seca total (PMST) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude e significância da ANAVA, no momento da rebrota. Selvíria, MS	88
Tabela 29	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para produção de massa seca das gramíneas forrageiras (PMVGF), guandu-anão (PMVG) e massa total (PMVT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude no momento da rebrota. Selvíria, MS	89
Tabela 30	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para participação das frações colmo, folha e panícula da planta de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão, com base na massa verde, em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	90
Tabela 31	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	91
Tabela 32	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas	

	Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	92
Tabela 33	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de cinzas (CZ), carboidrato total (CT) e carboidrato não estrutural (CNE) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	93
Tabela 34	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de cinzas (CZ) e carboidrato não-estrutural (CNE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	94
Tabela 35	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	96
Tabela 36	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	97
Tabela 37	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentos x Ano, para os teores de hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	98
Tabela 38	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para pH e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado	

	de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	99
Tabela 39	– Valores médios, Teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	101
Tabela 40	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para pH e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, e no momento da rebrota. Selvíria, MS	103
Tabela 41	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) na silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	104
Tabela 42	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de magnésio (Mg) e enxofre (S) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	105
Tabela 43	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para as perdas por gases (PG), efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) no processo da ensilagem do sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS	106
Tabela 44	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para produção de massa seca do capim-marandu e capim-mombaça aos 30 (PMS30), 60 (PMS60), 90 (PMS90) dias e massa seca total (MST) no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa	

	altitude. Selvíria, MS	109
Tabela 45	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (Hem) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS	112
Tabela 46	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de celulose (Cel), lignina (Lig), cinzas (CZ), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS	115
Tabela 47	– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentos x Anos, para os teores de proteína bruta (PB), celulose (Cel) e cinzas (CZ) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS	118
Tabela 48	– Valores médios, Teste tukey e P-valor da ANAVA para os atributos químicos do solo na camada de 0,0 – 0,10 m de profundidade, após a colheita das espécies de gramíneas forrageiras em função do consórcio com sorgo e guandu-anão. Selvíria, MS	121
Tabela 49	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os atributos químicos do solo na camada de 0,10 – 0,20 m de profundidade, após a colheita das espécies das gramíneas forrageiras em função do consórcio com sorgo e guandu-anão. Selvíria, MS	124
Tabela 50	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para as variáveis	

	macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS) nas camadas de 0 – 0,10 e de 0,10 - 0,20 m, após a colheita das espécies de gramíneas forrageiras, em função do consórcio com sorgo e guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS	129
Tabela 51	– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para valores de resistência mecânica à penetração (RMP) na camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade, umidade gravimétrica (UG) e estoque de carbono (EC) nas camadas de 0 – 0,10 e de 0,10 – 0,20 m de profundidade, após a colheita das gramíneas forrageiras capim-marandu e capim-mombaça em função do consórcio com sorgo e guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS	132
Tabela 52	– Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio do sorgo com capim-marandu e guandu-anão na safra agrícola 2013/2014. Selvíria, MS	134
Tabela 53	– Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), ponto de equilíbrio (PE) com relação a produtividade (ProE) e valor (PreE) obtidos com os consórcios do sorgo com o capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte e de sua rebrota da safra 2013/2014. Selvíria, MS	136
Tabela 54	– Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), ponto de equilíbrio (PE) com relação a produtividade (ProE) e valor (PreE) obtidos com os consórcios do sorgo com o capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte e de sua rebrota na safra 2014/2015. Selvíria, MS	139

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
2	REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1	SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA)	26
2.2	CONSÓRCIO DE CULTURAS ANUAIS COM GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS	27
2.3	SORGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM	30
2.4	QUALIDADE DE SILAGENS	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO INICIAL DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL	35
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS TESTADOS	39
3.3	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS REALIZADOS	40
3.4	AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DO PRIMEIRO CORTE	41
3.4.1	Avaliação dos parâmetros de crescimento e produtividade nos tratamentos	41
3.4.1.1	<i>Determinação da altura, diâmetro basal do colmo e estande final de plantas na cultura do sorgo</i>	42
3.4.1.2	<i>Determinação da produtividade do sorgo, gramíneas e guandu-anão</i>	42
3.4.2	Colheita e ensilagem do material experimental	42
3.4.3	Análises realizadas na produção da silagem	44
3.4.3.1	<i>Determinação dos parâmetros fermentativos da silagem</i>	44
3.4.3.1.1	<i>Perdas por gases - PG (%)</i>	44
3.4.3.1.2	<i>Perdas por efluente - PE (kg t⁻¹ MV)</i>	45
3.4.3.1.3	<i>Recuperação de matéria seca - RMS (%)</i>	45
3.4.3.2	<i>Avaliações da qualidade bromatológica da silagem</i>	46
3.4.3.3	<i>Determinação dos teores de macronutrientes nas silagens</i>	47
3.5	AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DA REBROTA DO SORGO	48

3.6	PRODUTIVIDADE E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DAS GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS APÓS OS CONSÓRCIOS	48
3.7	AVALIAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO	49
3.8	ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E/OU GUANDU-ANÃO	50
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DO SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS E/OU GUANDU- ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM NO MOMENTO DO PRIMEIRO CORTE EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	53
4.1.1	Crescimento da planta de sorgo no primeiro corte	53
4.1.2	Produtividade da cultura do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu- anão no momento do primeiro corte	58
4.1.3	Qualidade bromatológica e acúmulo de macronutrientes das silagens de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão no primeiro corte	64
4.1.3.1	<i>Qualidade bromatológica da silagem</i>	64
4.2	CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DO SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E/OU GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO MOMENTO DA REBROTA	82
4.2.1	Crescimento da rebrota da planta de sorgo	82
4.2.2	Produtividade da rebrota da cultura do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu-anão	85
4.2.3	Qualidade bromatológica e acúmulo de macronutrientes das silagens da rebrota de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão	90
4.2.3.1	<i>Qualidade bromatológica da silagem</i>	90
4.3	PRODUÇÃO E QUALIDADE DO CAPIM-MARANDU E CAPIM-	

	MOMBAÇA MANEJADAS APÓS O CONSÓRCIO COM O SORGO E/OU GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	107
4.3.1	Produtividade e qualidade do capim-marandu e capim-mombaça após o consórcio com o sorgo e/ou guandu-anão.	107
4.4	ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS E ACÚMULO DE CARBONO DO SOLO NO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO	118
4.5	DESEMPENHO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO EM CONSÓRCIO COM CAPIM-MARANDU, CAPIM-MOMBAÇA E/OU GUANDU-ANÃO EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	133
5	CONCLUSÕES	140
	REFERÊNCIAS	141

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, possui grande potencial para a produção de carne, leite e derivados para o consumo humano a custo relativamente baixo. Tal fato se deve principalmente à alimentação do rebanho brasileiro em regime de pasto. Entretanto, das áreas de pastagens para a produção animal hoje existentes, uma grande parte é ocupada por gramíneas forrageiras em cultivo exclusivo e uma outra parte dessas áreas se encontram degradadas ou em processo de degradação. Assim, o manejo correto dessas pastagens pode permitir alta de produtividade sem a necessidade de desmatamento de novas áreas para a produção animal.

A produção animal em pastagens no Brasil está limitada pela baixa disponibilidade e qualidade de gramíneas forrageiras. Esta baixa qualidade das gramíneas forrageiras, em parte, ocorre devido à falta de conhecimento do produtor para o manejo correto das pastagens e investimento em tecnologias apropriadas.

O manejo correto das pastagens pode contribuir para a melhoria da qualidade do solo e para a redução de eventuais impactos sobre o ciclo hidrológico, enquanto o maior desempenho por animal pode reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa.

A dinâmica das alterações macroeconômicas ocorridas nos últimos anos exige dos produtores rurais mudanças de comportamento, pressionados pela necessidade de conferir e assegurar maior produtividade e competitividade a seus sistemas de produção agropecuária. Também a sociedade exerce forte pressão no sentido de mudanças dos modelos atuais de exploração tanto vegetal quanto animal. Pois, a preservação dos recursos naturais e da biodiversidade e a mitigação dos impactos relacionados às mudanças climáticas globais, decorrentes das alterações no uso da terra, além da qualidade e segurança dos produtos alimentares, fazem parte da pauta de discussões e ações governamentais.

A adoção e uso de tecnologias inovadoras ou pouco convencionais, validadas pela pesquisa em sistemas de produção pecuários no Brasil, são lentos e de baixa repercussão. Parte desta constatação deve-se ao perfil dos pecuaristas brasileiros. Villa (2007) identificou um contingente de 1,5 milhões de unidades pecuárias no Brasil. Desses, cerca de 200 mil desenvolvem a atividade de forma semitecnificada e 20 mil caracterizam-se como empresários do setor, e apenas 2 mil são considerados pecuaristas líderes. Constata-se, portanto, a necessidade de um grande esforço, suportado por novos modelos de transferência de tecnologia e capacitação técnica visando modificar o modelo de exploração atualmente implantado no Brasil e no mundo.

Deste modo, os sistemas integrados de produção agropecuária tornam-se cada vez mais importantes, devido principalmente às dificuldades encontradas pelos pecuaristas em investir o capital na reforma das pastagens, e, dos agricultores, na recuperação do potencial produtivo das lavouras, no tocante a problemas relacionados à redução do teor de matéria orgânica do solo, ocorrência de pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas. Nestes sistemas, a utilização de pastagens na entressafra pode servir como auxílio a estes entraves, tendo em vista que as lavouras recuperam quimicamente o solo, deixando resíduos de corretivos e fertilizantes às pastagens, onde estas irão proporcionar a reciclagem de nutrientes do subsolo, repor a matéria orgânica e promover a aração biológica do solo graças à abundância e agressividade de seus sistemas radiculares e da atividade biológica decorrente (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Portanto, este trabalho de pesquisa objetivou determinar a produtividade e a qualidade de silagens de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça e/ou guandu-anão (*Cajanus cajan*); e a produtividade e qualidade da pastagem de inverno de *U. brizantha* cv. Marandu e *M. maximum* cv. Mombaça, após o consórcio com o sorgo no Sistema Integrado de Produção Agropecuária em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso na região de Cerrado de baixa altitude, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Ao final do experimento avaliar as alterações nos atributos químicos e físicos do solo, nas camadas de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de profundidade, bem como analisar o desempenho econômico da produção de silagens de sorgo em consórcios com gramíneas forrageiras tropicais e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, visando constatar a sustentabilidade e lucratividade decada sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA)

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2015) a produção de carne (bovina, suína e aves) deverá aumentar em 12,6 milhões de toneladas até 2018/2019, segundo previsões da Coordenação Geral de Planejamento Estratégico, da Assessoria de Gestão Estratégica (AGE). Esse aumento representa um acréscimo de 51% em relação à produção de carnes de 2008. Sendo que neste período, o mercado interno será responsável pelo consumo de 50% da produção.

A bovinocultura é um dos principais destaques do agronegócio brasileiro no cenário mundial, sendo o Brasil dono do segundo maior rebanho efetivo do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças. Além disso, desde o ano de 2004, assumiu a liderança nas exportações, com um quinto da carne comercializada internacionalmente e vendas em mais de 180 países. O rebanho bovino brasileiro proporciona o desenvolvimento de dois segmentos lucrativos, as cadeias produtivas da carne e do leite. O valor bruto da produção desses dois segmentos, estimado em R\$ 67 bilhões, aliado a presença da atividade em todos os estados brasileiros, evidenciam a importância econômica e social da bovinocultura brasileira (MAPA, 2015).

Entretanto, em grande parte do País, em função do regime sazonal de chuvas, as gramíneas forrageiras apresentam aproximadamente 80% da sua produtividade durante os seis meses mais quentes e úmidos do ano, caracterizando assim, uma safra e uma entressafra na produção pecuária baseada em pastagens, com reflexos econômicos negativos na exploração da atividade. As principais limitações para a máxima produção de animais em pastagens tropicais são, pelo menos durante a metade do ano, a baixa disponibilidade de forragem aliada ao seu baixo valor nutritivo (SILVA et al., 2010b).

No entanto, para que os animais mantenham bons níveis de produção ao longo do ano, é necessário o uso de alimentos de qualidade também no período seco, uma vez que as exigências nutricionais destes permanecem as mesmas durante todo o ano. Neste sentido, o uso de volumosos conservados (silagem e feno) ou de forragem verde no cocho, são as alternativas mais comuns para tornar o sistema de produção animal mais sustentável e produtivo. Nos últimos anos, sistemas mistos de exploração de lavoura e pecuária têm chamado à atenção pelas vantagens que apresentam em relação aos sistemas isolados de agricultura ou de pecuária, sendo estes denominados Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) (CARVALHO et al., 2014).

Os SIPAs são definidos como o conjunto de sistemas produtivos que buscam maior sustentabilidade na propriedade rural e que envolvem em uma mesma área a produção de grãos, consorciados ou não com espécies de gramíneas forrageiras, e a produção animal. Desta maneira, a semeadura das culturas pode ser realizada de forma simultânea, sequencial ou rotacionada, o que garante maior eficiência na utilização da área agricultável durante todo o ano, melhor aproveitamento do maquinário disponível e do efeito residual de corretivos e de fertilizantes, melhorando assim, as condições sociais no meio rural com diminuição dos impactos ambientais (MACEDO, 2009).

Neste sentido, a prática da consorciação de culturas produtoras de grãos com gramíneas forrageiras tropicais na safra de verão, está sendo utilizada cada vez mais por técnicos e agricultores no intuito de antecipar a implantação das gramíneas forrageiras, principalmente em regiões onde o inverno é seco e não permite bom desenvolvimento de culturas de safrinha. Assim, em diversas regiões do mundo, a recuperação de áreas degradadas, a redução dos custos de produção e o uso intensivo da área durante todo o ano estão sendo viabilizados pelo SIPA em sistema plantio direto (SPD), com o cultivo de culturas produtoras de grãos ou de forragem e a pecuária, o que gera resultados socioeconômicos e ambientais positivos (TRACY; ZHANG, 2008; PARIZ et al., 2009; RUFINO et al., 2009; CRUSCIOL et al., 2012; COSTA et al., 2012; GARCIA et al., 2012).

2.2 CONSÓRCIO DE CULTURAS ANUAIS COM GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS

O consórcio de culturas produtoras de grãos e gramíneas forrageiras tropicais é possível, graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Entretanto, segundo Ozier-Lafontaine et al. (1997), nem sempre é possível obter sucesso devido ao efeito competitivo que uma espécie exerce sobre a outra. Por isso, o conhecimento de como a espécie forrageira e a cultura produtora de grãos comportam-se quando consorciadas na competição por fatores de produção é de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produção satisfatória da cultura anual (SOUSA NETO, 1993).

A utilização de gramíneas forrageiras associadas a culturas anuais tem contribuído para a redução dos custos de formação e/ou recuperação de pastagens em melhores condições de fertilidade do solo, sendo geralmente consorciadas com arroz, milho, sorgo e milheto, ou em sucessão a estas culturas e à soja. Além da formação de pastagens, a associação de capins dos

gêneros *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*) com culturas anuais ou em sucessão a estas vem crescendo com o objetivo de se obter palhada para o SPD. Estas gramíneas forrageiras proporcionam excelente cobertura da superfície do solo, permanecendo a palhada na área por longo período de tempo quando comparadas à palhada de outras espécies vegetais. Além disto, possibilitam serem pastejadas durante o período seco (entressafra), com bom desempenho animal durante a época crítica de oferta de forragem (ZIMMER et al., 2011a).

Diversas características das gramíneas forrageiras tropicais favorecem a sua utilização no SIPA, como o crescimento mais lento na fase inicial, com menor competição com a cultura associada; maior tolerância à acidez e ao alumínio tóxico do solo; sistema radicular mais profundo, que confere maior tolerância a seca e a maior reciclagem de nutrientes; além da boa tolerância ao sombreamento apresentada por diversas cultivares (ZIMMER et al., 2011a). Segundo Macedo (2009), várias culturas estão sendo utilizadas e pesquisadas para cobertura de solo, rotação, e/ou pastejo no outono-inverno, e entre as mais promissoras destacam-se as dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus*.

As gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* se caracterizam por sua rusticidade e adaptação aos solos de baixa fertilidade e ácidos, entretanto, respondem bem a melhorias na fertilidade do solo e, portanto, apresentam altas produções em áreas com cultivos anuais. Além de serem facilmente estabelecidas com culturas anuais, apresentam boa competição com plantas daninhas e têm efeito no controle de algumas pragas e doenças em cultivos com o milho, soja e feijão. Pelo porte mais baixo, são de manejo mais fácil, tanto para pastejo quanto para dessecação para o sistema plantio direto das culturas em sucessão (ZIMMER et al., 2011b).

Gramíneas forrageiras do gênero *Megathyrsus*, segundo Zimmer et al. (2007), são altamente produtivas e exigentes a fatores inerentes ao solo além de proporcionarem bons ganhos de peso dos animais em pastejo. Estas espécies são adaptadas aos solos bem drenados e são exigentes em altas temperaturas (acima de 30°C). São facilmente estabelecidas em consórcio ou em sucessão a culturas anuais, entretanto, apresentam maior competição com culturas como o milho e o sorgo, sendo necessária a aplicação de subdoses de herbicidas que reduzam o seu crescimento na fase de desenvolvimento inicial da cultura. São de manejo mais difícil em relação às braquiárias, e, no SIPA, devem ser utilizadas, preferencialmente, em pastejo por dois ou mais anos antes do retorno da cultura produtora de grãos.

Avaliando consórcios forrageiros, Almeida et al. (2010) com três densidades de semeadura do capim-piatã (2; 4 e 6 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis) em cultivo simultâneo

com sorgo cv. BRS 800, observaram que o aumento da densidade de semeadura do capim- piatã não alterou a produtividade de forragem do sorgo, mas aumentou a produtividade de lâminas foliares do capim no extrato superior do dossel, proporcionando forragem em maior quantidade e qualidade, no início do período seco.

Trabalhando com o sorgo consorciado com várias espécies de gramíneas forrageiras (*Andropogon*, *Urochloa decumbens*, *ruzizensis e brizantha*, *Buffel aridus* e capim-colonião) Silva et al. (2010a), constataram que a altura das plantas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos estudados, demonstrando a inexistência competitiva proporcionada pela presença das gramíneas forrageiras semeadas em consórcio com o sorgo no desenvolvimento da cultura. A média geral da altura das plantas foi de 1,25 m, entretanto, verificou-se diferença entre a produtividade de grãos do sorgo e de matéria seca das gramíneas forrageiras nos diferentes consórcios.

Segundo Silva et al. (2010a), é interessante destacar que quanto maior a capacidade competitiva por água, luz e nutrientes entre as espécies de gramíneas forrageiras em consórcio com o sorgo, maior será a redução da produtividade dos grãos, sendo a capacidade competitiva de uma planta alterada pelo regime hídrico, fertilidade do solo, espaçamento, população de plantas, além de características fisiológicas e morfológicas da própria espécie.

No caso de leguminosas forrageiras tropicais, poucas cultivares são disponíveis no mercado e que possuem potencial para utilização no SIPA (NUNES et al., 2006). O feijão guandu (*Cajanus cajan*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*) apresentam bom potencial para utilização neste tipo de sistema, especialmente, em pequenas propriedades, pelo seu potencial de produção de forragem para corte ou como banco de proteína. Pelas altas produções, proporcionam melhoria nas condições físico-químicas do solo e têm potencial para cultivo em consórcio com culturas anuais.

O feijão guandu tem adaptação aos solos de condições idênticas ao estilosantes e ao calopogônio, entretanto, com boa adaptação também em solos argilosos. Esta espécie tradicionalmente foi utilizada como banco de proteína e, atualmente, vem sendo utilizada na recuperação de pastagens degradadas, em que pode ser estabelecida em monocultivo ou em consórcio com culturas anuais (BALBINO et al., 2011). São utilizadas diversas cultivares, entretanto, a mais comumente usada é a cv. Super N, de porte mais baixo, e a cv. BRS Mandarim, lançada pela Embrapa em 2008.

O Sistema Santa Brígida, é uma alternativa mais recente de ILP, que consiste no consórcio de culturas anuais com adubos verdes, especificamente as espécies feijão guandu- anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*). Estas plantas hospedam

microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico (N₂) e essa associação é benéfica para ambos. Os microrganismos fixam o N e disponibilizam aos vegetais nas raízes, enquanto os vegetais suprem as necessidades dos organismos fixadores por meio da alocação de fotoassimilados. É importante enfatizar que o N é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas, porém, a aplicação de fertilizantes nem sempre é realizada devido ao elevado custo. Então, o uso de leguminosas consorciadas com gramíneas pode ser uma estratégia para a fixação biológica de N, que incrementa os teores e a disponibilidade desse nutriente no solo. Contudo, são escassas as pesquisas da quantidade de plantas que podem conviver em consórcio, sem haver competição que reduza a produtividade de matéria seca das espécies consorciadas.

2.3 SORGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), é uma gramínea de origem africana, com características agronômicas singulares, apresentando normalmente de 85 a 90% do valor nutritivo do milho (BORGES, 1995).

Segundo Paul (1990), as características morfo-fisiológicas do sorgo lhe conferem maior resistência à seca, por seu sistema radicular ser fibroso e extenso, e ainda por possuir o dobro de raízes secundárias se comparado ao milho. Apresenta também ritmo de respiração eficaz em sinais de estresse e características foliares das plantas xerófitas, como folhas cerosas com uma camada de cutícula grossa, possuindo ainda células motoras, que permitem o enrolamento rápido sob condições severas de estresse hídrico, e o fechamento dos estômatos sob condições adversas, evitando desta forma maior perda de água por transpiração. Todas estas características permitem que a planta tolere precipitações mínimas anuais de até 450 mm durante seu ciclo (IBRAHIM, 2007).

Segundo Antunes (1979) citado por Ibrahim (2007), a cultura do sorgo é exigente em condições de umidade de solo em dois estágios que são primordiais para o crescimento da planta. O primeiro vai de 20 a 25 dias após a germinação da planta e o segundo correspondente à fase de polinização e enchimento dos grãos, compreendida entre 50 a 60 dias após a germinação. A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 26 a 30°C, sendo que durante a fase de florescimento a temperatura média diária deve ser superior a 18°C.

Diferenças agronômicas distinguem a cultura do sorgo em forrageiro, com porte alto (2,0 a 3,0 m), alta produção de massa verde por hectare e menor produção de grãos (apenas

10% da sua composição) e ciclo fenológico mais longo (ensilagem média com 110 dias); de duplo propósito ou porte médio, com produções intermediárias de grãos e de forragem, apresentando de 20 a 30% de grãos em sua constituição; egranífero, com menor porte (1,0 a 1,6 m) e com baixa proporção da parte vegetativa resultando em baixas produções de massa verde, com até 60% de produção de grãos e com o ciclo mais curto para ensilagem (100 a 115 dias em média) (CÂNDIDO et al., 2000).

Por conta destas características, o sorgo é considerado um dos principais alimentos para animais cultivados em todo o mundo, não só pela sua importância econômica, mas também pelo grande progresso que tem havido no acúmulo de conhecimentos técnicos científicos relacionados com esta espécie vegetal (LEITE, 2006).

Os grãos funcionam como reserva de energia na forma de amido para a planta na época de brotação, e a quantidade de grãos presentes na planta é determinada pela porcentagem de panícula com base na matéria seca (MS) do sorgo. Ao trabalhar com sorgo de duplo propósito Araújo (2002) relatou porcentagens de panícula na matéria seca de 38,6 a 43,7%, valores estes, abaixo do encontrados por Ferreira (2005), que ao avaliar as silagens de seis genótipos de sorgo forrageiro encontrou uma média de 49,6% de panícula na matéria seca.

Dentre as avaliações de qualquer cultura para a produção de silagens, enquadram-se a produção de massa verde e de massa seca, esta última mais importante pois trata da fração do alimento que o animal realmente irá consumir, sendo que é nesta parte que se encontra a maior concentração de nutrientes da forrageira. Estes índices podem ter interferência de uma grande variedade de fatores, como o tipo de híbrido utilizado, época de cultivo, adubação, tipo de solo, clima, estágio de desenvolvimento, dentre outros (IBRAHIM, 2007).

Outro fator importante a fim de evitar perdas de produtividade, que irá refletir diretamente em perdas econômicas, é a adequação das exigências dos animais ao tipo de dieta. A determinação de tal exigência auxilia na escolha do tipo de sorgo a ser utilizado. Isso devido às diferenças entre as proporções de folha, colmo e panícula, encontradas nos diferentes genótipos, assim como as diferenças entre a distribuição dos nutrientes nestes componentes (IBRAHIM, 2007).

Diferentes coeficientes de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foram relatados por Neumann et al. (2002), para as porções panícula e colmo + folha, de 68,2 e 56,0%, respectivamente. Tais autores concluíram que a panícula é responsável pelo incremento nos teores de MS, proteína bruta (PB) e DIVMS da silagem, assim como decréscimos dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina + cinzas. Rocha Júnior et al. (2000) afirmaram que os teores de DIVMS estiveram mais ligados à

presença de maiores proporções de folhas nos genótipos de sorgo na época de ensilagem, e com menores teores de lignina.

De modo geral, a qualidade de qualquer alimento é dada pelo seu valor nutritivo e representado pela sua composição química, digestibilidade dos seus constituintes, consumo voluntário e pelo desempenho animal (VAN SOEST, 1994). Assim, a utilização do sorgo se justifica por suas características nutricionais e agronômicas, além de apresentar alto valor nutritivo, adequado teor de MS, alta concentração de carboidratos fermentáveis, baixo poder tampão e altas taxas de digestibilidade (FERNANDES et al., 2009). Entretanto, as cultivares de sorgo possuem índice de produtividade e adaptação muito diversificadas para os ambientes de produção (NEUMANN et al., 2002).

Normalmente, as diferentes cultivares de sorgo utilizadas para ensilagem apresentam teor de matéria seca próximo a 30%, considerado como ideal para reduzir as perdas por efluentes e proliferação de clostrídios e enterobactérias, que necessitam de meio de cultura com elevado teor de água (SANTOS et al., 2010). Silva (2014) considera o sorgo forrageiro como planta favorável ao processo de ensilagem devido ao seu alto conteúdo de matéria seca e de carboidratos solúveis. No entanto, a elevada quantidade de açúcares solúveis pode resultar na diminuição demasiada do pH, com valores abaixo de 4,0 ou até mesmo próximos de 3,0 fazendo com que ocorra predominância de leveduras, que resulta em fermentação alcoólica, e conseqüentemente, elevadas perdas por gases.

Paiva et al. (2011), avaliando as cultivares de sorgo BRS Ponta Negra e BRS 610, observaram uma variação entre os carboidratos solúveis de 20,6 e 13,35%, que resultaram em valores de pH de 3,0 e 3,4; respectivamente.

2.4 QUALIDADE DE SILAGENS

A silagem é uma forma de conservar e armazenar uma forragem produzida em grandes quantidades no período das águas, possibilitando sua utilização em outras épocas. É amplamente utilizada pelos pequenos e grandes produtores em dietas dos animais durante todo o ano ou apenas como suplemento energético no período da seca. É possível ensilar quase todos os tipos de forragens, entretanto, poucas espécies atendem às exigências de quantidade e qualidade na dieta animal, sendo importante analisar quais espécies são mais convenientes do ponto de vista econômico e nutricional (ANDRIGUETTO et al., 2002).

O principal objetivo do processo de ensilagem é a preservação das características originais das plantas, principalmente do valor nutricional da forrageira que está sendo

utilizada com esta finalidade. Para isso, a atenção ao processo de fabricação da silagem deve ser máxima, evitando-se perdas dentro do silo por ensilagem de material fora do ponto de maturação ideal, realização de compactação ineficiente, dentre outros fatores, que podem impedir a obtenção de uma silagem de boa qualidade, devido a perdas dos constituintes de elevado valor nutricional (IBRAHIM, 2007).

Os teores de matéria seca, digestibilidade *in vitro* da matéria seca, pH, conteúdos de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), e o conteúdo de ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e láctico), são os parâmetros rotineiramente avaliados para a determinação da qualidade de uma silagem. A determinação dos teores das frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina) também se tornam importantes, na qualidade da silagem, pois influenciam o consumo e a digestibilidade do alimento (VAN SOEST, 1994).

O teor de matéria seca está intimamente relacionado com a qualidade final da silagem, pois a ensilagem de materiais fora de seu estágio ideal de maturação, leva a perdas dentro do silo, por processos fermentativos indesejados. Segundo Faria (1986), o ponto de corte do sorgo para ensilagem situa-se entre 28 a 38% de matéria seca, no qual os grãos encontram-se no ponto farináceo. Silagens com baixos teores de matéria seca, isto é, altos teores de umidade, favorecem a fermentação clostridiana, resultando em um produto final com altos teores de amônia, amida e ácido butírico.

Forragens com baixos teores de matéria seca não apresentam fermentação láctica adequada, o que favorece a formação de grandes quantidades de efluentes, e conseqüentemente, redução no consumo destas silagens em função da sua menor palatabilidade. Enquanto que teores de MS superiores a 40% também podem proporcionar baixa qualidade nutricional, pois são mais susceptíveis à danos por aquecimento e aparecimento de fungos, se durante o processo de ensilagem não houver compactação adequada dificultando a remoção do oxigênio (VAN SOEST, 1994).

Para a avaliação do valor nutricional de uma silagem, além da determinação da composição química, a estimativa do consumo e da digestibilidade, também são necessárias, uma vez que a digestibilidade de uma forrageira está relacionada com seu valor energético (ALVARENGA, 1994). Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresentam alta correlação com os valores de digestibilidade *in vivo* (TILLEY; TERRY, 1963). Na Tabela 1 encontram-se critérios de avaliação de silagens segundo vários autores.

Tabela 1– Parâmetros utilizados para qualificação das silagens

Parâmetros	Muito boa	Boa	Média	Ruim
MS ¹ (%)	35,0 – 30,0	30,0 – 25,0	25,0 – 20,0	< 20,0
pH ¹	< 3,8	3,8 – 4,2	4,3 – 4,6	> 4,6
N-NH ₃ ² (%NT)	< 10,0	10,0 – 15,0	15,0 – 20,0	> 20,0
DIVMS ³ (%)	> 65,0	65,0 – 55,0	55,0 – 40,0	< 40,0

Fonte: ¹Paiva (1976), ²AFRC (1987)e ³Borges (1995).

Dentre os ácidos orgânicos mais comumente relacionados com a qualidade da silagem, o láctico é o principal devido à sua maior constante de dissociação em relação aos ácidos acético e butírico, sendo, portanto, o maior responsável pela inibição do crescimento dos microrganismos indesejáveis. Ácidos acético e butírico estão relacionados com valores finais de pH, pois a ingestão de alimentos rapidamente fermentescíveis, por exemplo, aumentam a atividade microbiana, causando substancial flutuação nos produtos finais da fermentação, fato que pode refletir no aproveitamento dos demais nutrientes da dieta (COSTA et al., 2008). A presença do último, está relacionado com processos ineficientes de fermentação, indicando uma má preservação da silagem, com valores de pH e porcentagem de N-NH₃/NT elevados, resultado de fermentação clostridiana (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A avaliação dos conteúdos de amônia (N-NH₃/NT), indica a extensão da proteólise promovida por microrganismos do gênero *Clostridium* dentro do silo. De acordo com o Por Extenso- AFRC (1987), conteúdo maior que 15% de nitrogênio amoniacal, é indicativo de proteólise extensa durante o processo fermentativo.

Para que ocorra a estabilidade adequada do pH dentro do silo é imprescindível que exista quantidades adequadas de ácido láctico, pois assim haverá a inibição da proliferação de microrganismos indesejáveis, resultando num produto final de boa qualidade. A acidificação do meio é inibida pela ausência de água, sendo o pH inversamente proporcional ao teor de água, tornando este critério menos útil em silagens com mais de 35% de matéria seca, portanto, em pH elevados estas silagens podem ser consideradas como sendo de boa qualidade (VAN SOEST, 1994;McDONALD; HENDERSON; HERON,1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO INICIAL DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em área não irrigada (Figura 1), na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20°18' S e 51°22' W, altitude de 370 m), estando dentro do Bioma Cerrado, no período compreendido entre os meses de novembro de 2013 a setembro de 2015.

Figura 1– Vista aérea de parte da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FE/UNESP), onde se encontrava o local de condução do experimento. Selvíria, MS

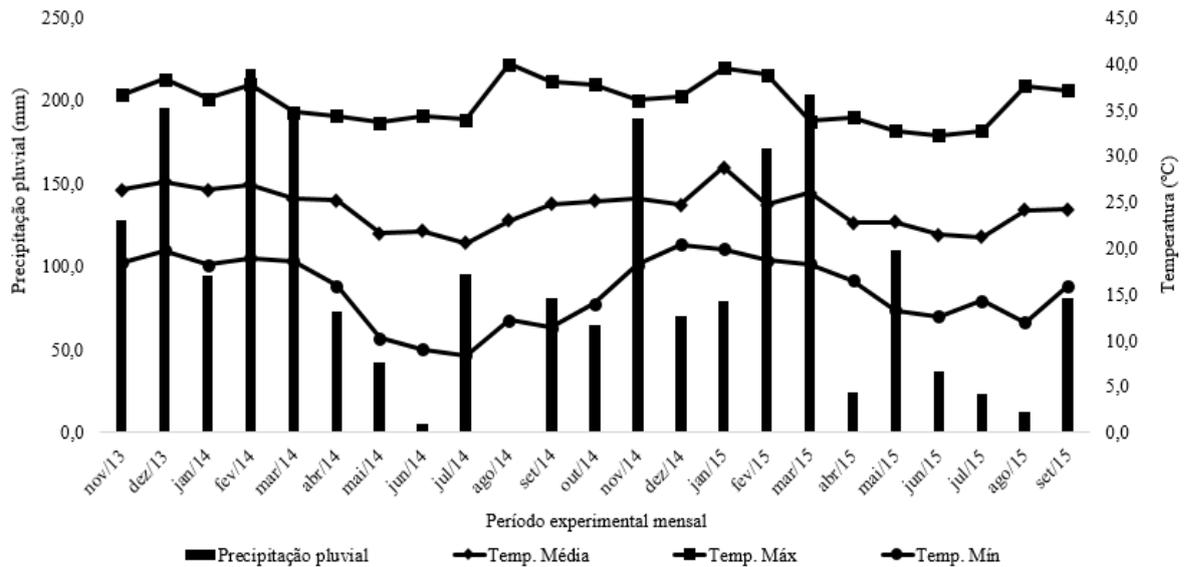


Fonte: Adaptado de Google Earth (2015).

O tipo climático da região é o Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Foram coletados mensalmente, durante todo o período de condução do experimento, os dados diários referentes às temperaturas máxima e mínima e precipitação pluvial, junto à estação meteorológica situada na FEPE, distante cerca de 500 m da área experimental em linha reta, conforme apresentado na Figura 2. Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentados os dados climáticos em decênios referentes aos momentos do 1º corte e corte da rebrota dos consórcios para a

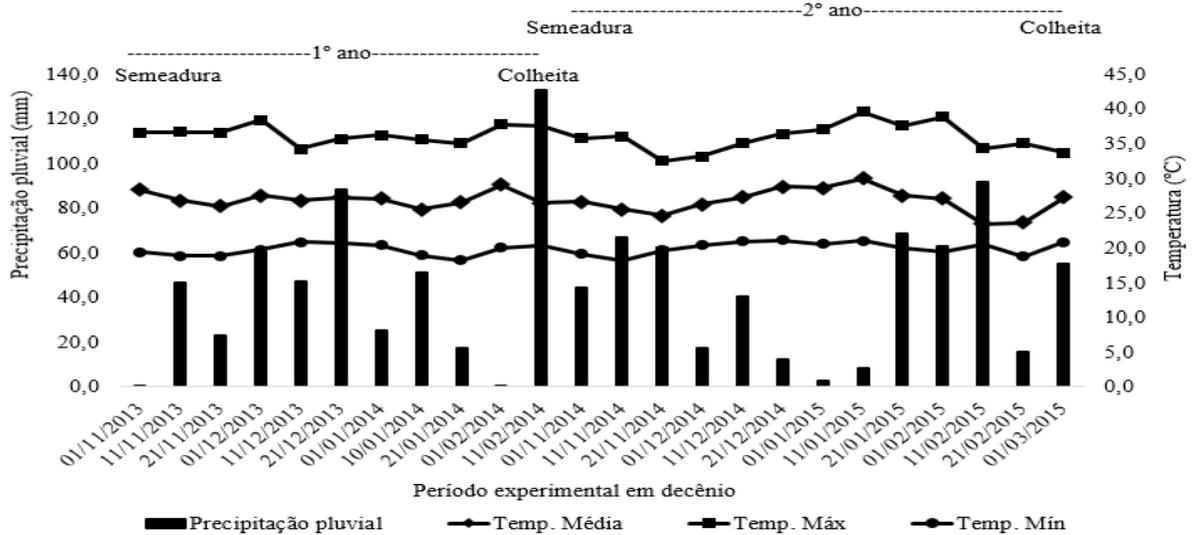
produção de silagem e produção de gramíneas forrageiras após os consórcios com o sorgo e/ou guandu-anão, nas safras 2013/2014 e 2014/2015, respectivamente.

Figura 2– Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima mensais no período de novembro de 2013 a setembro de 2015 coletados na estação meteorológica da FEPE. Selvíria, MS



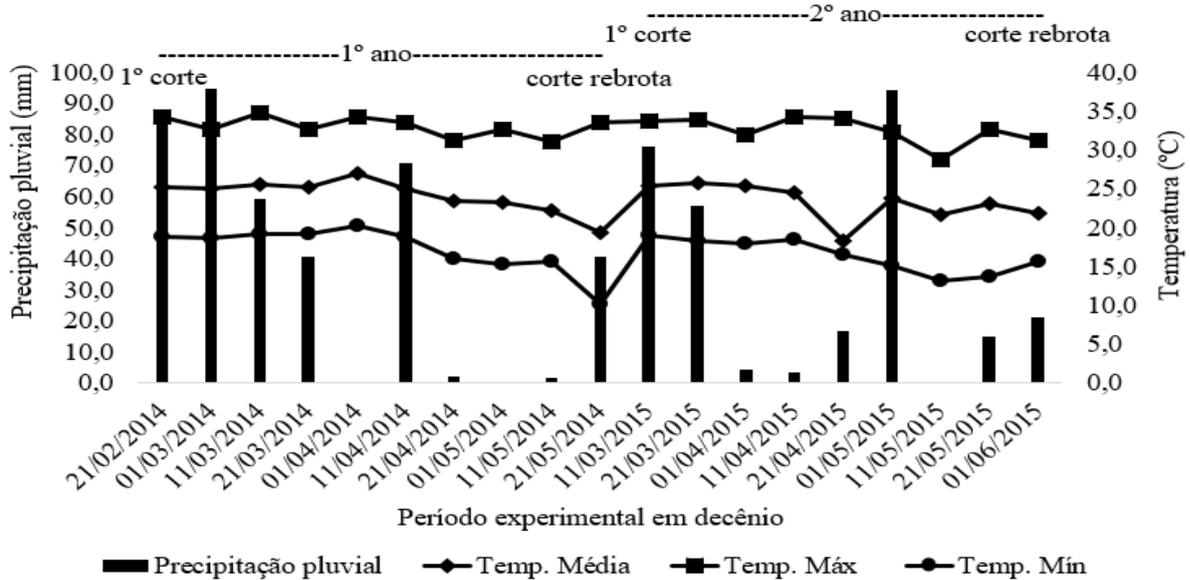
Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 3– Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção de forragem para silagem no 1º corte do sorgo e seus consórcios, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS



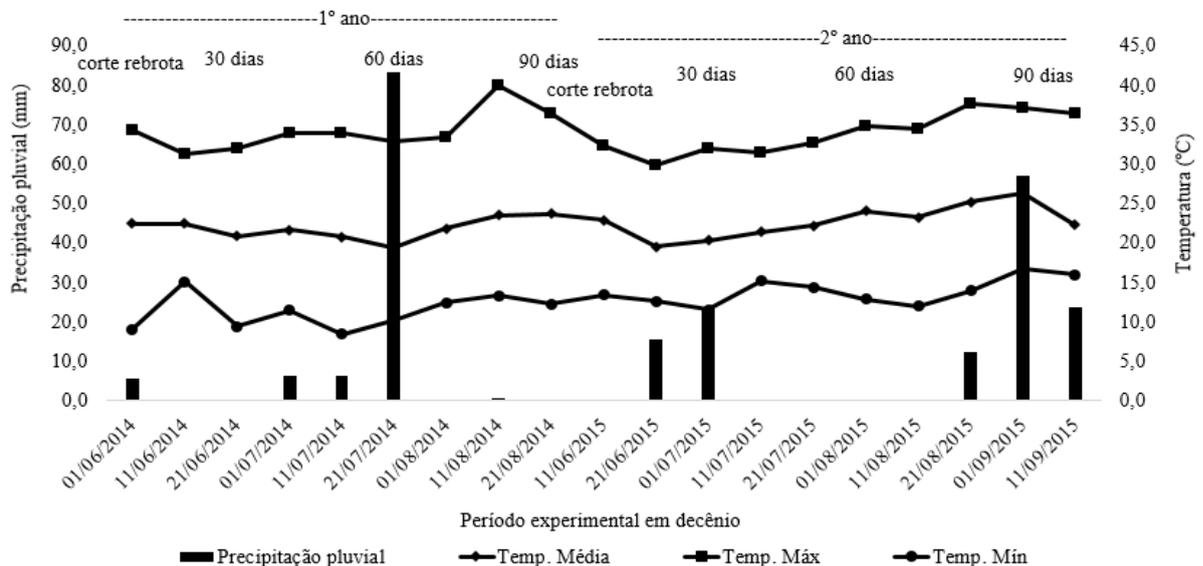
Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 4– Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção de forragem para silagem no momento da rebrota do sorgo e seus consórcios, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 5– Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima apresentados em decênios, referentes ao período de produção das gramíneas forrageiras pós consórcio com sorgo e/ou guandu-anão, nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Selvíria, MS



Fonte: Elaboração do próprio autor

O solo da área experimental foi classificado como um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2013), que antes da

implantação do experimento estava sendo utilizado para o cultivo do algodão durante dois anos consecutivos em sistema convencional.

Com o objetivo de caracterizar o solo antes da implantação do experimento, no dia 8 de setembro de 2013, efetuou-se a caracterização química e física do solo. Para a determinação dos atributos químicos do solo, realizou-se a coleta de vinte perfis de tradagem do solo com estrutura deformada, realizada com o auxílio de um trado de rosca, nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, segundo metodologia proposta por Rajj et al. (2001), sendo os resultados apresentados na Tabela 1. Com base nos resultados da análise de solo, no dia 15/09/2013 foi realizada a calagem na superfície do solo, sem incorporação, na dose de 2 t ha^{-1} , com calcário dolomítico (PRNT de 85%)

Tabela 2– Caracterização química inicial do solo nas profundidades de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m na área experimental. Selvíria, MS

Características químicas	Profundidade do solo (m)	
	0,0 – 0,10	0,10 – 0,20
$P_{\text{resina}} \text{ (mg dm}^{-3}\text{)}$	62,0	17,0
$M.O \text{ (g dm}^{-3}\text{)}$	21,0	16,0
pH (CaCl ₂)	4,8	4,4
$K \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$	1,6	1,0
$Ca \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$	12,0	7,0
$Mg \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$	10,0	6,0
$H + Al \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$	38,0	47,0
$Al \text{ (mmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}$	3,0	8,0
$S-SO_4 \text{ (mg dm}^{-3}\text{)}$	5,0	15,0
V%	38,0	23,0

Fonte: Dados da pesquisa do autor

Para a caracterização física inicial do solo na área experimental efetuou-se o levantamento da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, conforme apresentado na Tabela 3, utilizando-se do método do anel volumétrico e da mesa de tensão e umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997).

Também se caracterizou a compactação inicial do solo, avaliando-se vinte perfis de resistência mecânica à penetração (RMP), utilizando-se para tanto um penetrômetro de

impacto Stolf modelo reduzido (STOLF, 1991), na profundidade de solo de 0,0 a 0,20 m, com o controle da leitura pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo.

Tabela 3– Valores iniciais de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT), densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e resistência mecânica à penetração (RMP) do solo na área experimental. Selvíria, MS.

Profundidade do solo (m)	MA	MI	PT	DS	UG	RMP
	Porosidade (m ³ m ⁻³)			(kgdm ⁻³)	(%)	(MPa)
0,00 – 0,10	0,02	0,37	0,40	1,61	16,00	-
0,10 – 0,20	0,04	0,38	0,42	1,57	16,79	-
0,00 – 0,20	-	-	-	-	-	3,34

Fonte: Dados da pesquisa do autor

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS TESTADOS

Os tratamentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015, utilizando-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em parcela subdividida no tempo com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas.

Os tratamentos utilizados consistiram em: **1** - sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* cv. Volumax caracterizado como semiprecoce, porte alto e sistema radicular profundo) em monocultivo; **2** - sorgo em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Marandu; **3** - sorgo em consórcio com *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça; **4** - sorgo em consórcio com guandu- anão (*Cajanus cajan* cv. IAPAR 43); **5** - sorgo consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu e guandu- anão; **6** - sorgo consorciado com *M. maximum* cv. Mombaça e guandu- anão; em dois momentos de corte: 1º corte do sorgo e seus consórcios (safra) e o corte da rebrota (entressafra).

Cada parcela experimental constitui-se de 7 linhas de sorgo/gramíneas forrageiras/guandu- anão, distanciadas a 0,45 m, perfazendo 2,92 m de largura por 20 m de comprimento e com um total 58,4 m² por parcela. Sendo assim, a área total do experimento foi de 1.401,6 m². Sendo que cada parcela experimental do segundo ano foi alocada no mesmo local do seu respectivo tratamento no primeiro ano.

3.3 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS REALIZADOS

No dia 9 de outubro de 2013 (ano 1) e no dia 10 de outubro de 2014 (ano 2) antes das semeaduras, foi realizada a dessecação da flora daninha presente na área experimental, visando a formação de palhada para continuidade do sistema plantio direto, utilizando o herbicida Glyphosate ($1,56 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo), com volume de pulverização de 200 L ha^{-1} .

A semeadura do sorgo solteiro e seus consórcios foi realizada, no primeiro ano, no dia 8 de novembro de 2013 e no segundo ano em 4 de novembro de 2014. A cultura do sorgo forrageiro destinado à produção de silagem foi semeada mecanicamente, sendo utilizado em ambos os anos experimentais a mesma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, depositando-se as sementes na profundidade de 0,05 m e com 15 sementes m^{-1} (Figura 6).

Figura 6– Semeadura do sorgo solteiro e gramíneas forrageiras na área experimental. FEPE. Selvíria, MS. Safra 2014/2015



Fonte: Dados da pesquisa do autor

A semeadura dos capins Marandu e Mombaça, em ambos os anos agrícolas, foi realizada simultaneamente à da cultura do sorgo, sendo efetuada com a mesma semeadora-adubadora, onde as sementes das gramíneas forrageiras foram misturadas ao adubo e semeadas na mesma linha e abaixo das sementes de sorgo.

Para a semeadura das gramíneas forrageiras, misturou-se as sementes ao adubo momentos antes, sendo depositadas abaixo do sorgo, com o objetivo de atrasar a emergência

dos capins em relação ao sorgo e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento destas culturas, segundo (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Para a determinação da quantidade de sementes das gramíneas forrageiras que foram utilizadas nos consórcios, levou-se em consideração o ponto de valor cultural (PVC): PVC de 480 para a *Urochloa brizantha* e de 360 para o *Megathyrsus maximum*, empregando-se a seguinte expressão: Quantidade de sementes (QS) = PVC/%VC (valor cultural) para obtenção da quantidade equivalente de sementes em kg ha⁻¹. Foram utilizados no primeiro ano 13,3 kg ha⁻¹ de sementes de capim-marandu (VC = 36%) e 14,4 kg ha⁻¹ de sementes de capim-mombaça (VC = 25%) e no segundo ano, utilizou-se 9,6 kg ha⁻¹ de sementes de capim-marandu (VC = 50%) e 10,3 kg ha⁻¹ de sementes de capim-mombaça (VC = 35%).

A semeadura do guandu-anão foi realizada logo após a do sorgo e das gramíneas forrageiras, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, em ambos os anos agrícolas, sendo semeado nas entrelinhas do sorgo no espaçamento de 0,45 m e profundidade de 0,05 m, com densidade de 20 sementes por metro. Logo após a semeadura dos respectivos tratamentos, tanto no primeiro quanto no segundo ano experimental, realizou-se irrigação, por meio de aspersão durante os 3 primeiros dias com lâmina de água de 10 mm dia⁻¹.

Em ambos os anos experimentais na adubação de semeadura foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do adubo NPK na fórmula 08-28-16, fornecendo assim 30 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, segundo as recomendações de Cantarella, Rajj e Camargo(1997) para a cultura do sorgo forrageiro e produção de silagem. A adubação de cobertura tanto no primeiro ano (2013) quanto no segundo ano (2014) foi realizada no dia 4 de dezembro, sendo utilizados em ambos os anos 120 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio com 20% de N) e 50 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio com 60% de K₂O), no momento em que as plantas do sorgo apresentavam-se com cerca de 6 folhas desenvolvidas, conforme Cantarella, (RAIJ; CAMARGO, 1997).

3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DO PRIMEIRO CORTE

3.4.1 Avaliação do crescimento e produtividade de forragem nos tratamentos

As determinações dos parâmetros de crescimento e produtividade das culturas, tanto no primeiro (2013/2014) quanto no segundo ano (2014/2015), foram determinadas um dia antes do corte dos consórcios para a ensilagem.

3.4.1.1 Determinação da altura, diâmetro basal do colmo e estande final de plantas na cultura do sorgo

A altura das plantas (AP) foi determinada mediante medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a ponta da panícula. O diâmetro basal do colmo (DIA) foi determinado pela medição do segundo entrenó a partir da sua base utilizando-se um paquímetro, com precisão de 0,1 mm, sendo posteriormente transformado para cm. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil (3 linhas centrais) de cada parcela experimental.

O estande final de plantas foi determinado pela contagem do número de plantas de sorgo contidas nas três linhas centrais com comprimento de 3 metros, em cada parcela.

3.4.1.2 Determinação da produtividade do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu-anão

A determinação da produtividade de massa verde (PMVS) da cultura do sorgo, das gramíneas forrageiras *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximum* (PMVF) e do guandu-anão (PMVG) foram realizadas ceifando-se todas as plantas na altura de 0,30 m em 1,0 m² por parcela, com 3 repetições, com o auxílio de um quadrado de metal, sendo nos diferentes tratamentos as espécies separadas e pesadas, com seus respectivos pesos extrapoladas para kg ha⁻¹. Na cultura do sorgo, também se efetuou a separação das frações anatômicas da planta em colmo, folhas e panículas, sendo em seguida pesadas para a determinação da porcentagem de participação na planta de sorgo, com base na massa verde e seca.

Para a determinação da produtividade da massa seca e teor de matéria seca foram separadas sub-amostras de 0,300 kg do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu-anão que foram colocadas em estufa de ventilação forçada do ar na temperatura constante de 65°C, por um período de 72 horas, sendo após esse período as amostras pesadas e extrapoladas para kg ha⁻¹.

3.4.2 Colheita e ensilagem do material experimental

O primeiro corte do sorgo solteiro e seus consórcios no primeiro ano experimental ocorreu aos 105 dias (21/02/2014) após semeadura (DAS) e aos 124 DAS (7/03/2015) no segundo ano, quando os grãos presentes na panícula aparentavam estar no estágio de maturidade fisiológica, com cerca de 70% de MS. Em ambos os anos experimentais, a colheita da massa para ensilagem foi realizada mecanicamente, na altura de 0,30 m da

superfície do solo, utilizando-se uma colhedora de forragem modelo JF C-120 (12 facas), sendo o material picado em partículas médias de 0,025 m. A massa de forragem para ser ensilada foi colhida nas três linhas centrais com cerca de 10 metros de comprimento em cada parcela experimental.

No momento da ensilagem foram retiradas sub-amostras de 0,300 kg do material que seria ensilado por parcela, que foram levadas à estufa de ventilação forçada de ara 65°C por um período de 72 horas, para a determinação do teor de matéria seca. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho de faca tipo “Willey”, passando por uma peneira de 1,0 mm e armazenadas para posterior análise bromatológica.

A ensilagem do sorgo e seus consórcios foi realizada em baldes plásticos retangulares com capacidade para aproximadamente 10 kg de massa verde, com flanges de silicone adaptados nas tampas (válvulas de Bunsen), para permitir o escoamento de gases, e areia ensacada no fundo para a recuperação do efluente (Figura 7). Para prensagem do material vegetal (600 kg m^{-3}) utilizou-se prensa hidráulica manual com capacidade de pressão de até 15 toneladas. Após o enchimento dos silos experimentais, estes foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio e a abertura dos mesmos ocorreu após 30 dias do processo de ensilagem (Figura 8).

Figura 7– Silos experimentais e saco de pano contendo areia usados no processo de ensilagem nos dois anos de cultivo. FEPE. Selvíria, MS



Fonte: Dados da pesquisa do autor

Figura 8 - Silos experimentais abertos 30 dias após a ensilagem



Fonte: Dados da pesquisa do autor

3.4.3 Análises realizadas nas silagens

3.4.3.1 Determinação dos parâmetros fermentativos da silagem

As medidas de perdas da silagem são de grande importância nas avaliações da qualidade de fermentação (padrão de fermentação) da forragem ensilada. As avaliações realizadas foram relacionadas às perdas por gases (PG), por efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS), segundo fórmulas descritas por Schmidt (2006).

3.4.3.1.1 Perdas por gases - PG (%)

A medida de perdas por gases no processo de ensilagem foi obtida com base na pesagem dos silos de laboratório no fechamento e na abertura 30 dias após, em relação à massa de forragem armazenada.

As perdas gasosas foram estimadas conforme a fórmula:

$$G = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] / [(PCen - Pen) * MSen] * 100$$

onde:

G = Perdas por gases em % da MS;

PCen = Massa do silo cheio na ensilagem (kg);

Pen = Massa do conjunto (silo+saco com areia) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

PCab = Massa do silo cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

3.4.3.1.2 Perdas por efluente - PE ($kg t^{-1} MV$)

A produção de efluente foi calculada com uso estratégico do coletor no fundo dos silos laboratoriais. O uso de areia ensacada tem mostrado eficiência, com o cálculo da produção de efluente realizada pela diferença de massa do conjunto silo+saco com areia na abertura (após retirar-se a forragem do silo) e antes da ensilagem, em relação a quantidade de forragem fresca ensilada. A seguinte equação foi utilizada para o cálculo da produção de efluentes:

$$E = (Pab - Pen) \times 1000 / (MVfe)$$

onde:

E = Produção de efluente ($kg t^{-1}$ de massa verde);

Pab = Massa do conjunto (silo+saco com areia) na abertura (kg);

Pen = Massa do conjunto (silo+saco com areia) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

3.4.3.1.3 Recuperação de Matéria Seca - RMS (%)

A determinação das perdas totais de matéria seca foi calculada pela diferença entre a massa de MS inicial e final dos silos, em relação à quantidade de massa de forragem ensilada. Sendo descontada a massa do silo na ensilagem e na abertura, conforme equação descrita:

$$RMSs = 100 - [(MFSe \times MSSe) - (MFSr - MSSr) \times 100] / (MFSe \times MSSe)$$

Em que:

RMSs = Recuperação de matéria seca no saco (%);

MFSe = Massa de forragem fresca no saco na ensilagem (kg);

MSSe = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

MFSr = Massa de forragem fresca no saco recuperado (kg);

MSSr = Teor de MS da forragem no saco recuperado (%).

3.4.3.2 Avaliações da qualidade bromatológica da silagem

As amostras obtidas no momento da ensilagem foram utilizadas para a determinação do teor de proteína bruta (PB), onde foi determinado o teor de nitrogênio utilizando-se o aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, sendo em seguida multiplicado o teor de N pelo fator de conversão 6,25; também foram determinados o teor de fibra em detergente neutro (FDN), conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) conforme a fórmula sugerida por Cappelle et al. (2001) para silagem sem aditivo, a qual é descrita por:

$$\text{NDT} = -8,0412 + 1,1725 \times \text{DIVMS}$$

Onde:

NDT = nutrientes digestíveis totais (%);

DIVMS=digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%).

Após 30 dias da ensilagem, os silos experimentais foram abertos, sendo em seguida desprezada a camada superficial (0,10 m) de forragem em cada silo e retirada uma sub-amostra, por silo, de aproximadamente 0,300 kg de silagem, acondicionadas em estufa de circulação forçada do ar para secagem a 65°C por 72 horas, e após esse período foi pesada para obtenção da massa seca e teor de matéria seca da silagem. Em seguida, as amostras foram processadas em moinho de faca tipo “Willey”, passando por uma peneira de 1,0 mm, para posterior análise bromatológica.

Outra quantidade de silagem foi utilizada para a extração do suco (Figura 9), utilizando-se prensa hidráulica para a determinação do pH (3 repetições) com imediata leitura, e análise do nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) com base no nitrogênio total, realizada pelo método da destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,05N (ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY - AOAC, 1995).

Após a moagem das amostras foram determinados os teores de matéria seca definitiva a 105°C, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), lignina (Lig), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). A estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais foi realizada por meio da fórmula sugerida por (CAPPELLE et al., 2001).

Figura 9- Conjunto de prensa utilizado para extrair o suco da silagem



Fonte: Dados da pesquisa do autor

Os teores de carboidratos totais (CT) foram obtidos por intermédio da equação: $100 - (PB + EE + CZ)$ sugerida por Sniffen et al. (1992). A determinação dos carboidratos não estruturais (CNE) foi realizada pela equação: $100 - (FDN + PB + EE + CZ)$ de acordo com Weiss (1999). Determinou-se também a digestibilidade *in vitro* da matéria seca pelo método proposto por Tilley e Terry (1963).

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FEIS/UNESP.

3.4.3.3 Determinação dos teores de macronutrientes nas silagens

Os teores de macronutrientes P, K, Ca, Mg e S contidos nas silagens foram analisados segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As análises de macronutrientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia rural e Solos da FEIS/UNESP.

3.5 AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DA REBROTA DO SORGO

Os mesmos parâmetros e metodologias avaliados no momento do primeiro corte do sorgo consorciado com as gramíneas forrageiras marandu, mombaça e/ou guandu-anão, foram utilizados para avaliar produtividade e qualidade das silagens nos tratamentos experimentais da rebrota do sorgo. Sendo o corte da rebrota no primeiro ano realizado no dia 27 de maio de 2014 e no segundo ano no dia 08 de junho de 2015, respectivamente aos 97 e 94 dias após o primeiro corte.

3.6 PRODUTIVIDADE E QUALIDADE BROMATOLÓGICA DAS GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS APÓS OS CONSÓRCIOS

A produtividade de massa verde das gramíneas forrageiras (PMVF), massa seca (PMSF) e porcentagem de matéria seca foi determinada pela coleta da forragem remanescente 30 dias após colheita para silagem das plantas do rebrote dos consórcios, e a cada 30 dias de ciclo após o primeiro corte, em cada parcela experimental. Para isso, foram coletadas as gramíneas forrageiras Marandu e Mombaça presentes em 1,0 m² em três pontos distintos de cada parcela com o auxílio de um quadrado de metal.

No primeiro ano de cultivo, as coletas foram realizadas nos dias 26/06/14, 26/07/14 e 25/08/14, e no segundo ano, nos dias 08/07/15, 07/08/15 e 15/09/2015. Para tanto, as forrageiras foram ceifadas manualmente, a uma altura aproximada de 0,30 m em relação à superfície do solo, que foi adotada como a altura de manejo da pastagem. As amostras foram pesadas para a determinação da produção de massa verde, e em seguida colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após o período de secagem, as amostras foram pesadas novamente para a determinação da massa seca e teor de matéria seca, seguindo-se após essa pesagem para moagem em moinho de faca tipo “Willey”, utilizando-se peneira de 1,0 mm.

A partir das amostras moídas determinou-se os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose, lignina e cinzas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002), nutrientes digestíveis totais por meio da fórmula sugerida por Cappelle et al. (2001) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca pelo método proposto por Tilley e Terry (1963), em cada corte.

Logo após a coleta das gramíneas forrageiras foi realizada roçagem mecânica na mesma altura de corte (0,30 m), com o auxílio de triturador horizontal de resíduos vegetais. Esse

manejo teve por objetivo estimular o perfilhamento e padronizar a idade fenológica dos capins, simulando o pastejo do mesmo.

3.7 AVALIAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO

A caracterização química e física do solo ao final dos cultivos, nos dois anos experimentais, foi realizada nos meses de outubro de 2014 e 2015, respectivamente. As avaliações foram feitas por parcela, nas profundidades de 0,0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,0 a 0,20 m de profundidade. Para a análise química foi seguida a metodologia proposta por Raij et al. (2001), sendo coletadas dezamostras em pontos distintos dentro de cada parcela experimental com o auxílio de um trado de rosca, para posterior análises laboratoriais dos atributos químicos do solo.

A caracterização física foi realizada logo após a coleta do solo para avaliação química, sendo determinadas a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, com uso do método do anel volumétrico e da mesa de tensão, e umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997), também nas camadas de 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m de profundidade.

Realizou-se a avaliação indireta da compactação do solo, com a caracterização de perfis de resistência mecânica à penetração (RMP), utilizando-se de penetrômetro de impacto Stolf modelo reduzido (STOLF, 1991), na camada de 0,0 a 0,20 m, efetuando-se o controle da leitura pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo.

O estoque de carbono no solo (EC) foi calculado a partir do teor de carbono e do valor da densidade do solo nas camadas de 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m de profundidade (BERNOUX et al., 1998), utilizando-se a equação:

$$EC = DS \cdot h \cdot C$$

Em que:

EC = estoque de carbono do solo ($t \text{ ha}^{-1}$);

DS = densidade do solo (kg dm^{-3});

h = espessura da camada amostrada (cm);

C = teor de carbono do solo (g dm^{-3}).

Tabela 4– Estoque de carbono inicial no solo na área experimental. Selvíria, MS

Profundidade do solo (m)	Conteúdo de carbono (g dm ⁻³)	Estoque de carbono (t ha ⁻¹)
0,00 – 0,10	1,22	19,7
0,10 – 0,20	0,93	14,6

Fonte: Elaboração do próprio autor

As análises químicas e as físicas do solo foram realizadas no Laboratórios de Fertilidade do Solo e de Física do Solo, respectivamente, pertencentes ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia rural e Solos da FEIS/UNESP.

3.8 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E/OU GUANDU-ANÃO

Para o cálculo de custo de produção foi utilizada a estrutura do custo operacional total de produção adotada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga, Bemelmans e Toledo (1976). O custo operacional efetivo (COE), segundo os autores é composto pelas despesas com operações mecanizadas, operações manuais e insumos utilizados. Sendo acrescentados ao COE as despesas com os juros de custeio, outras despesas e depreciações, e com isso têm-se o custo operacional total (COT).

Os custos foram estimados com base nos seguintes itens: a) para as operações mecanizadas, foi realizado um levantamento das necessidades no sistema de produção do sorgo consorciado, relacionando, para cada operação, a quantidade de hora/máquina (HM) para executá-la e, em seguida, multiplicado o coeficiente técnico pelo custo médio da região; b) os gastos com insumos foram obtidos mediante o produto entre a quantidade dos materiais usados e os seus respectivos preços de mercado; c) para outras despesas, foi considerada a taxa de 5% do total das despesas com o COE; d) a despesa com juros de custeio foi obtida considerando-se a taxa de 5,5% a.a. (taxa de juros utilizada em operações de crédito rural) sobre 50% do COE; e e) a depreciação dos bens de capital fixo foi calculada pelo método linear: $\text{depreciação} = (\text{valor inicial do bem} - \text{valor final})/\text{vida útil}$.

Para determinar a lucratividade dos tratamentos envolvidos, segundo Martin et al. (1998), foram calculadas:

a) a receita bruta (RB) (em R\$), como o produto entre a quantidade produzida (em kg produzidos) e o preço médio recebido pelo produtor (em R\$); $\text{RB} = \text{quantidade produzida} \times \text{preço por unidade}$;

b) o lucro operacional (LO), como a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total: $LO = RB - COT$;

c) o índice de lucratividade (IL), entendido como a proporção da receita bruta que se constitui em recursos disponíveis, após a cobertura do custo operacional total de produção: $IL = (LO/RB) \times 100$;

d) o preço de equilíbrio (PreE), dado, em determinado nível de custo operacional total de produção, como o preço mínimo necessário a ser obtido para cobrir o COT, considerando-se a produtividade média obtida pelo produtor: $PreE = COT/\text{produtividade média obtida pelo produtor}$;

e) a produtividade de equilíbrio (ProE), dada, em determinado nível de custo operacional total de produção, como a produtividade mínima necessária para cobrir o COT, considerando-se o preço médio recebido pelo produtor: $ProE = COT/\text{preço médio recebido pelo produtor}$.

Para fins de análise econômica, cada tratamento foi considerado uma lavoura comercial. Os coeficientes técnicos das operações, isto é, o tempo necessário para realizá-las por unidade de área e outras informações técnicas, foram levantados por técnicos que têm experiência com a cultura na região.

Os valores das produtividades dos tratamentos foram computados como kg por hectare, que dependendo da região é a forma mais fácil para a comercialização pelos produtores. Os valores pagos pelos insumos foram atualizados para os meses de outubro de 2013 e 2014 para as safras 2013/2014 e 2014/2015, respectivamente, sendo atualizados pela inflação nos respectivos períodos com o preço inicial citados por (COSTA, 2014).

O preço do kg de silagem de sorgo recebido pelo produtor refere-se ao preço médio (R\$ 0,20) recebido no período entre os meses de março a julho de 2014, para o primeiro ano de avaliação, e atualizado com base na inflação para o mesmo período no segundo ano experimental, com base na região de produção e comercialização da silagem.

Como a pesquisa foi desenvolvida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp, Campus de Ilha Solteira, não se consideraram os itens relacionados aos custos fixos da atividade, como remuneração da terra, pró-labore do produtor, além de juros de instalações, benfeitorias, máquinas e equipamentos.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA), de acordo com o modelo estatístico.

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + E_i + (B_j * E_i) + T_k + E_i.T_k + \varepsilon_{ijk};$$

μ = média geral;

B_j = efeito de bloco;

E_i = efeito da época;

T_k = efeito do momento da amostragem k;

$E_i.T_k$ = efeito da interação entre o tratamento i e o momento de amostragem k;

ε_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_i .

Sendo as médias comparadas pelo Teste Tukey em nível de 5% de significância, com o uso do software SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DO SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E/OU GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM NO MOMENTO DO PRIMEIRO CORTE EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

4.1.1 Crescimento da planta de sorgo no primeiro corte

Na Tabela 5 estão contidos os resultados referentes as médias de altura (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas de sorgo no momento do primeiro corte. Verifica-se que houve significância ($P < 0,05$) para os consórcios, anos e a interação de ambos para todos os atributos avaliados.

Na análise do desdobramento entre anos nos tratamentos, as maiores alturas de plantas ocorridas no primeiro ano (Tabela 5) podem ser atribuídas ao menor estande de plantas, e portanto, à menor competição intraespecífica onde houve maior interceptação de luz pelas folhas e maior área individual na exploração do solo, principalmente, devido a menor precipitação pluvial ocorrida logo após a semeadura (Figura 3), alia-se a isto as maiores temperaturas ocorridas no primeiro ano e com isso maior taxa fotossintética.

Todavia e Rabelo et al. (2012), estudando estratégias de semeadura e adubação com NPK na cultura do sorgo, verificaram que plantas cultivadas com uma densidade populacional de 12 plantas por metro apresentaram maior altura devido à competição intraespecífica por busca de luz, aumentando o comprimento dos internódios e, por conseguinte da planta. Segundo May et al. (2012a), a competição por luz é uma das modalidades de interferência que mais alteram o crescimento das plantas, pois limita a fonte predominante de absorção de energia aos processos básicos de recrutamento de elementos e de elaboração de todas as substâncias envolvidas no processo de crescimento do vegetal.

No desdobramento da interação dos tratamentos dentro de anos (Tabela 6), as plantas de sorgo consorciado com o capim-marandu e guandu-anão (2,58 m) e em cultivo solteiro (2,28 m) apresentaram as maiores alturas no primeiro e segundo ano, respectivamente.

Estudando as características de quatro genótipos de sorgo para a produção de silagem, Botelho et al. (2011) constataram alturas entre 2,10 a 2,35 m, valores estes próximos aos encontrados no presente trabalho. Também Chiesa et al. (2008) obtiveram alturas de 1,72; 2,16 e 2,52 m, para os híbridos de sorgo AG2005E, AG60298 e BR101, respectivamente.

Albuquerque et al. (2011), avaliando cultivares de sorgo forrageiro em três espaçamentos, na condição climática do semiárido de Minas Gerais, em dois anos agrícolas, sendo que o primeiro ano foi considerado um ano agrícola chuvoso e o segundo um ano agrícola seco, verificaram que, independentemente das variáveis analisadas, no primeiro ano agrícola, a altura de plantas foi maior, se comparada ao segundo ano agrícola, com médias de altura de 3,34 e 2,19 m, respectivamente.

Tabela 5– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Altura (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas (ESTANDE DE SORGO) de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos (Trat)	ALT (m ⁻¹)	DIA (cm ⁻¹)	ESTANDE DE SORGO (n° de plantas ha ⁻¹)
Sorgo/Marandu/guandu	2,33 a	1,9 ab	260.431 ab
Sorgo/Marandu	2,30 ab	2,1 a	257.245 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	2,10 b	1,8 ab	178.875 b
Sorgo/Mombaça	2,22 ab	1,8 ab	178.389 b
Sorgo/guandu	2,30 ab	1,8 b	303.657 a
Sorgo solteiro	2,24 ab	2,0 ab	256.579 ab
CV (%)	5,6	6,1	22,3
Ano (A)			
1	2,34 a	1,7 b	199.225 b
2	2,15 b	2,1 a	279.167 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0291	0,0273	0,0068
A	0,0001	0,0000	0,0001
Trat x A	0,0015	0,0003	0,0255

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukeya 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano.

Contudo e Benício et al. (2011) estudaram a eficiência de diferentes cultivares de *M. maximum* ao final do primeiro ano de implantação, em consórcio com sorgo sob diferentes fontes de fósforo e determinaram que a altura do sorgo foi maior quando cultivado simultaneamente com o capim-massai, devido ao seu menor porte (em torno de 0,70 m) e, portanto, menor competição sorgo x capim por luminosidade. De maneira geral, os consórcios

aqui testados com as gramíneas forrageiras não alteraram o crescimento das plantas de sorgo, pois este tem uma alta capacidade de competição, com condições de obter o mesmo desempenho em cultivo solteiro conforme relatos de Kluthcouski e Aidar (2003), dados estes semelhantes aos dispostos neste experimento.

A altura da planta e o diâmetro do colmo podem estar correlacionados positivamente com a produção de massa verde e seca, contudo também podem apresentar correlação positiva com a porcentagem de colmos e posterior acamamento, características que são indesejáveis para a produção eficiente de forragem (ALBUQUERQUE et al., 2011; MAY et al., 2012b).

Para o diâmetro do colmo (Tabela 5) e no desdobramento da interação entre tratamentos *versus* anos (Tabela 6), verificou-se que no segundo ano os tratamentos apresentaram os maiores diâmetros e, também maiores estandes de plantas. Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Fernandes et al. (2014) que avaliaram a interferência do espaçamento entrelinhas e população de plantas sobre a produção do sorgo sacarino em duas épocas de semeadura, na safra e safrinha, e verificaram decréscimo de 1,2 mm no diâmetro de colmos, a partir de 80.000 plantas ha⁻¹. Esses resultados corroboram aos obtidos por May et al. (2012b), os quais afirmaram que o aumento da população de plantas ha⁻¹ pode resultar na redução do diâmetro do colmo.

Na avaliação do desdobramento do diâmetro basal do colmo (Tabela 6) observou-se que o sorgo em consórcio com capim-marandu (1,9 cm), sorgo com capim-marandu (2,2 cm), e sorgo com capim-mombaça e guandu-anão (2,2 cm) foram os sistemas de cultivo que proporcionaram os maiores diâmetros de colmo na safra 2013/2014 e 2014/2015, respectivamente.

Tabela 6– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentosx Ano, para altura (ALT) e diâmetro basal do colmo (DIA) de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitudeno momento, do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	ALT (m ⁻¹)		DIA (cm ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	2,58 aA	2,05 aB	1,8 aA	2,1 abA
Sorgo/Marandu	2,46 abA	2,13 aB	1,9 aB	2,2 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	2,13 cA	2,08 aA	1,5 bB	2,2 aA
Sorgo/Mombaça	2,25 bcA	2,19 aA	1,7 abB	2,0 abA
Sorgo/guandu	2,41 abA	2,19 aB	1,8 aA	1,8 bA
Sorgo solteiro	2,20 bcA	2,28 aA	1,8 aB	2,1 aA
DMS linha	0,18		0,5	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes de Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey.

Na Tabela 5 verifica-se que na análise do estande final das plantas de sorgo, os consórcios do sorgo com o capim-mombaça (178.389 plantas ha⁻¹) e com capim-mombaça e guandu-anão (178.875 plantas ha⁻¹) foram os tratamentos com os menores estandes de sorgo. O baixo estande de plantas nestes consórcios pode ser explicado pelo fato de o capim- mombaça possuir acelerado crescimento e perfilhamento, o que que pode ter contribuído para uma maior competição com a cultura do sorgo, diminuindo assim o seu estande.

Pelos dados verificados na Tabela 7 verifica-se que no primeiro ano de produção os consórcios do sorgo com capim-mombaça e sorgo com capim-mombaça e guandu-anão foram os únicos tratamentos diferentes significativamente (P<0,01), pois devido a maior competição inicial do sorgo com essa gramínea houve redução do estande, agravada pelo fato de que logo após a semeadura dos consórcios houve uma pequena precipitação pluvial (Figura 3).

Verifica-se também que no segundo ano de avaliação que os consórcios do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão e com capim-mombaça houve aumento de 137% no número de plantas de sorgo, fato este a maior distribuição das chuvas no segundo ano de avaliação conforme verificado na Figura 3.

Tabela 7– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para o estande de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	ESTANDE DE SORGO (nº de plantas ha ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	205.861 abB	315.000 aA
Sorgo/Marandu	240.741 aA	273.750 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	104.000 bB	253.750 aA
Sorgo/Mombaça	108.027 bB	248.750 aA
Sorgo/guandu	264.815 aA	342.500 aA
Sorgo solteiro	271.907 aA	241.250 aA
DMS linha	119.378	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes de Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey.

Apesar dos baixos estandes do sorgo em consórcio com o capim-mombaça e guandu-anão, e sorgo com capim-mombaça, tais valores estão acima das quantidades recomendadas para o sorgo forrageiro que se situa entre 100 a 150 mil plantas por hectare, não obstante, cabe salientar a necessidade de maiores populações de plantas em consórcio, pelo efeito competição quando o objetivo de produção é forragem para ensilagem. Entretanto, observando a Tabela 5 constata-se que o capim-mombaça exerceu forte efeito na competição com o sorgo, mostrando, nas condições avaliadas de baixa disponibilidade hídrica, a baixa viabilidade desse tipo de consórcio, quando o propósito é a obtenção da rebrota de sorgo, pois pela competição com a gramínea depois da colheita, há redução significativa do rebrote de sorgo para produção de silagem ou de grãos.

Oliveira et al. (2005) avaliando as características de cultivares de sorgo sob três doses de nitrogênio, constataram população de plantas variando entre 167 a 213 mil por hectare. Von Pinho et al. (2006) avaliaram o comportamento de cultivares de milho, comparadas a grupos de cultivares de sorgo, para produção de silagem, e obtiveram estande de plantas de 127 mil para o sorgo forrageiro em comparação ao sorgo granífero (167 mil) e de duplo- propósito (143 mil).

4.1.2 Produtividade da cultura do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu-anão no momento do primeiro corte

Os dados referentes a produtividade de massa verde do sorgo, das gramíneas forrageiras, do guandu-anão e massa verde total nos tratamentos avaliados estão apresentados na Tabela 8, onde verifica-se que o cultivo solteiro (45,3 t ha⁻¹) foi o que proporcionou a maior quantidade de massa vegetal e os consórcios do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão (23,6 t ha⁻¹) e sorgo com capim-mombaça (22,1 t ha⁻¹) foram os tratamentos que apresentaram as menores produtividades. Entretanto, quando se avalia a produtividade de massa verde total, verifica-se que não houve efeito entre os tratamentos.

Tabela 8– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Produtividade de massa verde de sorgo (PMVS), de gramíneas forrageiras (PMVGF), de guandu-anão (PMVG) e total (PMVT) nos tratamentos avaliados em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PMVS	PMVGF	PMVG	PMVT
	t ha ⁻¹			
Sorgo/Marandu/guandu	39,8 ab	1,2 b	3,1	44,1
Sorgo/Marandu	36,0 b	1,2 b	-	37,1
Sorgo/Mombaça/guandu	23,6 c	14,4 a	2,4	40,3
Sorgo/Mombaça	22,1 c	14,4 a	-	41,2
Sorgo/guandu	38,2 ab	-	2,6	40,8
Sorgo solteiro	45,3 a	-	-	45,3
CV (%)	29,4	42,2	53,3	20,7
	Ano (A)			
1	29,2 b	11,1 a	0,8 b	37,0 b
2	39,1 a	6,8 b	4,6 a	45,9 a
	ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0000	0,0002	0,5586 ^{ns}	0,2101 ^{ns}
A	0,0032	0,0072	0,0001	0,0021
Trat x A	0,2406 ^{ns}	0,0079	0,2692 ^{ns}	0,3709 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano.

Para Rezende et al. (2011), na literatura existem controvérsias em relação aos dados de produção de massa verde do sorgo, pois há grande quantidade de cultivares (graníferos,

fornageiros e de dupla aptidão) que são estudados, gerando valores abaixo ou acima dos obtidos neste experimento.

De acordo com os dados expressos nesta pesquisa, observa-se que houve uma maximização na produção de massa verde total ($8,9 \text{ t ha}^{-1}$) (Tabela 8), e, por conseguinte de massa seca, do sorgo no segundo ano de produção. Esse aumento de produtividade pode ser explicado pela melhor oferta hídrica inicial (Figura 3) e maior média na população de plantas ($80 \text{ mil plantas ha}^{-1}$) na safra 2014/2015 (Tabela 4), em relação ao ano anterior. Dados estes abaixo dos verificados por Botelho et al. (2011), que ao avaliarem as características agronômicas de genótipos de sorgo em monocultivo para a produção de silagem, obtiveram produtividade de $51,8 \text{ t ha}^{-1}$ para o cv. Volumax semeado com 12 sementes por metro, no momento do primeiro corte.

Gomes et al. (2006) avaliando diversos genótipos de sorgo, observaram a menor ($17,6 \text{ t ha}^{-1}$) e maior ($57,1 \text{ t ha}^{-1}$) produtividade do sorgo para as cultivares BRS 701 e IPA467-4-2, respectivamente. Para a cultivar Volumax, os autores obtiveram produtividade de massa verde de $22,7 \text{ t ha}^{-1}$, valor este próximo aos encontrados neste trabalho nos consórcios do sorgo com capim-mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça. Enquanto que Rabelo et al. (2012), ao avaliarem estratégias de semeadura e adubação com NPK do sorgo sobre atributos agronômicos da cultura, constataram produtividade de massa verde de 27 t ha^{-1} , no espaçamento de $0,80 \text{ m}$ entre linhas, que pode ser atribuído a menor competição intraespecífica neste espaçamento.

Em altas densidades de plantas, a competição intraespecífica na cultura de sorgo foi confirmada por Lopes et al. (2005), os quais observaram maior produtividade de grãos por planta na menor densidade, que foi de $100 \text{ mil plantas ha}^{-1}$, comparado à maior densidade de $220 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ em dois espaçamentos estudados, de $0,5$ e $0,8 \text{ m}$. Estes mesmos autores observaram que a produtividade de massa verde do sorgo forrageiro aumentou linearmente em função da adubação, notando-se incrementos de 417 kg ha^{-1} para cada unidade de aumento no fornecimento de NPK.

Segundo Molina et al. (2000), o aumento de produtividade do sorgo pode estar correlacionado diretamente com a altura das plantas, portanto, o potencial de produção de massa verde aumenta com a altura das plantas. Estes mesmos autores avaliaram atributos agronômicos de seis híbridos de sorgo e relataram alturas (m) e produtividades de massa verde (t ha^{-1}) de 2,3/26,1; 1,8/24,0; 2,4/31,1; 2,7/27,2; 1,5/15,8 e 1,0/13,4 para os híbridos AG2006, CMSXS756, BR601, BRS701, BR303 e BR304, respectivamente.

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) de produtividade de massa verde (Tabela 8) e seca total (Tabela 9) dos consórcios, entre os tratamentos avaliados, entretanto, houve efeito significativo ($P < 0,01$) quando se compara a PMST nos anos, com aumento de produtividade de 21% no segundo ano em comparação ao ano 1 (Tabela 9).

Tabela 9– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para as variáveis Produtividade de massa seca do sorgo (PMSS), gramíneas forrageiras (PMSGF), guandu-anão (PMSG) e massa seca total (PMST) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PMSS	PMSGF	PMSG	PMST
Sorgo/Marandu/guandu	16,3 a	0,4 b	1,0	17,7
Sorgo/Marandu	15,2 a	0,5 b	-	15,6
Sorgo/Mombaça/guandu	8,9 b	5,0 a	0,8	14,7
Sorgo/Mombaça	8,4 b	6,0 a	-	14,5
Sorgo/guandu	15,2 a	-	0,9	16,1
Sorgo solteiro	17,2 a	-	-	17,2
CV (%)	30,7	43,8	49,8	23,9
Ano (A)				
1	11,6	4,0 a	0,3 b	14,5 b
2	15,4	1,9 b	1,5 a	17,5 a
ANOVA (P-valor)				
Trat	0,0000	0,0000	0,5812 ^{ns}	0,2345 ^{ns}
A	0,0055	0,0006	0,0001	0,0140
Trat x A	0,2257 ^{ns}	0,0009	0,2715 ^{ns}	0,3381 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano.

Segundo Borghi et al. (2004), a adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo, de maneira geral, na ausência de condições adversas, e pela menor competição entre espécies e o melhor arranjo espacial de plantas, aliado à adubação adequada, promovem a formação de espigas maiores e, conseqüentemente, com maior massa, em virtude da maior capacidade fisiológica da planta, decorrente da maior capacidade de absorção de água e nutrientes nos consórcios, resultados estes semelhantes nos consórcios de sorgo aqui avaliados.

Carvalho et al. (2004), em Selvíria, MS, obtiveram, na média de dois anos, para o guandu-anão semeado em novembro e manejado 60 dias após a emergência, massas de matéria seca de 2.478 kg ha⁻¹, entretanto em cultivo solteiro, sendo superior aos encontrados neste estudo (900 kg ha⁻¹) (Tabela 9) em consórcio com o sorgo e capins Mombaça e Marandu.

Desenvolvendo trabalho com o intuito de avaliar a produção de massa verde e seca de plantas de cobertura, sob três sucessões de cultura e dois preparos de solo, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso, Suzuki e Alves (2006) constataram que o guandu-anão proporcionou a menor produção de massa seca (6,5 t ha⁻¹), comportamento concordante com o observado por Almeida (2001). Este autor afirma que a menor produção de massa verde do guandu-anão pode estar associada ao seu lento desenvolvimento, que possibilitou o surgimento de plantas daninhas, competindo com o guandu-anão por água, luz e nutrientes. Esta observação é válida também para as condições em que foi conduzido este experimento, no qual os consórcios têm o mesmo fundamento de competição proporcionado pelas plantas daninhas.

Na análise de desdobramento para as interações tratamentos *versus* anos para a PMVF (Tabela 10) verifica-se que no primeiro ano de cultivo o capim-mombaça apresentou 3.600 vezes mais do que a média apresentada pelo capim-marandu. Provavelmente, esse aumento significativo ($P < 0,05$), deve-se ao rápido estabelecimento desta gramínea aliada a adubação correta para produção de silagem.

Diferenças significativas entre os tratamentos em estudo foram obtidas quanto a participação percentual do colmo e folhas, com base na massa verde do sorgo, não havendo diferença significativa para a % de panícula (Tabela 11). A maior e menor participação percentual do colmo foram de 64,5 e 54,8%, respectivamente, para os cultivos do sorgo solteiro e consorciado com capim-mombaça. Entretanto, híbridos de sorgo mais altos podem apresentar maiores percentuais de colmo, o que pode comprometer a qualidade bromatológica da silagem produzida a partir destes híbridos (ZAGO, 1997).

Tabela 10– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para produtividade de massa verde (PMVGF) e seca (PMSGF) das gramíneas forrageiras dos consórcios com o sorgo e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	PMVGF (t ha ⁻¹)		PMSGF (t ha ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	0,5 Ba	1,8 bA	0,2 bA	0,6 bA
Sorgo/Marandu	0,7 bA	1,7 bA	0,3 bA	0,6 bA
Sorgo/Mombaça/guandu	20,8 Aa	8,0 abB	7,8 aA	2,1 abB
Sorgo/Mombaça	22,5 Aa	15,6 aB	7,9 aA	4,2 aB
DMS linha	8,2		2,7	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes de Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey.

Os resultados desta pesquisa estão próximos aos encontrados por Botelho et al. (2011), que ao avaliarem genótipos de sorgo para a produção de silagem, constataram médias de participação do colmo variando entre 55,1 a 68,0%, enquanto que Oliveira et al. (2005) verificaram percentuais de 63,6 a 85,8% em híbridos de sorgo num LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso, semelhante ao da presente pesquisa.

A participação percentual das folhas na planta de sorgo variou de 25,0 a 29,7% (Tabela 9), sendo que o cultivo do sorgo com o capim-mombaça propiciou a maior porcentagem (29,7%). As menores porcentagens de folhas foram verificadas nos cultivos do sorgo com capim-marandu (25,0%) e sorgo solteiro (25,6%), não diferindo significativamente entre si.

Quando se analisa a porcentagem de folhas entre os anos pode se observar que não houve diferença significativa. Gomes et al. (2006), avaliando genótipos de sorgo (BR100, Volumax, SHS 500, MASSA 03, BRS 701, 0698005, AG 2005E, BRS 506, 0698007, BR601 e IPA467-4-2) determinaram maior porcentagem de folhas (23,0%) para o cv. Volumax, valor este abaixo dos apresentados nesta pesquisa.

Dentre as partes integrantes do sorgo, a mais importante é a panícula, pois é nela onde se concentra o maior valor nutritivo da planta, dado o maior coeficiente de digestibilidade dos grãos em relação aos componentes colmo e folhas. Gomes et al. (2006) verificaram para os genótipos de sorgo: BR100, Volumax, SHS 500, MASSA 03, BRS 701, 0698005, AG 2005E, BRS 506, 0698007, BR601 e IPA467-4-2 teor médio de PB na panícula de 9,7%, valor este superior aos encontrados nas frações folhas (6,3%) e colmo (1,7%).

Tabela 11– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Porcentagem de participação das frações colmo, folhas e panícula na planta de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão, com base na massa verde, em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	Colmo	Folhas	Panícula
Sorgo/Marandu/guandu	60,6 ab	27,2 ab	12,2
Sorgo/Marandu	63,5 a	25,0 b	11,5
Sorgo/Mombaça/guandu	58,8 ab	29,5 ab	11,7
Sorgo/Mombaça	54,8 b	29,7 a	15,5
Sorgo/guandu	62,0 ab	26,8 ab	11,1
Sorgo solteiro	64,5 a	25,6 b	9,9
CV (%)	6,6	14,3	19,8
Ano (A)			
1	59,3 b	26,9	13,7 a
2	62,1 a	27,7	10,2 b
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0114	0,0057	0,4230 ^{ns}
A	0,0441	0,9097 ^{ns}	0,0008
Trat x A	0,2465 ^{ns}	0,4978 ^{ns}	0,1074 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano.

Os percentuais determinados de panícula nos tratamentos variaram entre 9,9 a 12,2% (Tabela 9). Von Pinho et al. (2007) compararam a produtividade de sorgo em função da época de semeadura e obtiveram uma proporção de panícula de 17,7% no genótipo forrageiro, valor superior aos encontrados neste trabalho.

Cabe destacar a maior percentagem de panículas nos sistemas consorciados, mesmo não significativa ($P > 0,05$), em relação ao sorgo solteiro. De forma geral, estes percentuais foram superiores, em todos os sistemas de cultivo avaliados, quando se compara com os valores obtidos por Chiesa et al. (2008), que ao avaliarem a percentagem de panícula na massa verde de sorgo, observaram proporções de 5,0; 2,2 e 2,0%, respectivamente, para os genótipos AG 2005E, AG 60298 e BR 101.

4.1.3 Qualidade bromatológica e acúmulo de macronutrientes das silagens de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão no primeiro corte

4.1.3.1 Qualidade bromatológica da silagem

As médias de porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) das silagens nos consórcios de sorgo com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para % dematéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento	MS (%)	%MS	
		PB	EE
Sorgo/Marandu/guandu	28,3	5,7 bc	1,6 b
Sorgo/Marandu	28,7	5,6 bc	1,6 b
Sorgo/Mombaça/guandu	30,7	7,0 a	1,9 ab
Sorgo/Mombaça	29,5	6,5 ab	1,7 b
Sorgo/guandu	31,2	5,3 bc	1,9 ab
Sorgo solteiro	30,5	5,1 c	2,3 a
CV (%)	11,8	8,3	13,5
Ano (A)			
1	31,3	5,5 b	1,6 b
2	28,4	6,2 a	2,0 a
ANOVA (P-valor)			
Trat	0,4496 ^{ns}	0,0010	0,0036
Ano	0,0103	0,0001	0,0000
Trat X Ano	0,4056 ^{ns}	0,0002	0,0008

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano.

Para os teores de PB e EE houve significância da interação tratamentos *versus* anos. O baixo teor de PB nas silagens pode ser explicado pela baixa participação do guandu-anão quando em consórcio com o sorgo e gramíneas forrageiras, principalmente no primeiro ano de avaliação, onde a baixa precipitação pluvial (Figura 3) ocorrida na fase inicial de

desenvolvimento dos consórcios reduziu a produção desta leguminosa (Tabela 9), e ao final do ciclo produtivo, havia alta quantidade de ramos e baixo conteúdo de folhas no material colhido para ensilagem. Diferentemente, no segundo ano de cultivo, com maior participação do guandu-anão na massa ensilada, houve incremento significativo no teor de PB (Tabela 12).

Segundo Evangelista et al. (2005), ao avaliar os efeitos da adição de níveis crescentes de forragem de leucena na composição bromatológica da silagem de sorgo, determinaram aumento no teor de PB da silagem de 4,5% para 10,3% com a inclusão da maior quantidade de forragem de leucena, o que se explica pelo teor de PB mais elevado da leucena em relação ao sorgo.

Conforme Magalhães et al. (2003), a adição de 20 e 40% de forragem de leucena na massa ensilada, aumentou, significativamente os teores de PB da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) de 4,0 para 6,5 e 7,6%, respectivamente, representando incrementos de 61,9 e 88,1%.

Na tabela 13 constam os desdobramentos da interação Tratamento x Ano e observa-se que os consórcios do sorgo com o capim-mombaça e com capim-mombaça e guandu-anão, no primeiro ano de cultivo, apresentaram os maiores teores de PB, sendo significativamente ($P < 0,05$) diferente dos demais consórcios, devido a maior participação do capim-mombaça na massa ensilada e conseqüentemente maior participação de folhas desta gramínea.

A maior concentração de EE foi obtida na silagem de sorgo solteiro (2,3%) e as menores para o consórcio do sorgo com capim-marandu e guandu-anão e sorgo com capim-marandu, ambas com 1,6% (Tabela 11). Forragens com maiores teores de EE tendem a ter maiores teores de NDT, pois a gordura fornece 2,25 mais energia que o carboidrato. Segundo o Por Extensão-NRC (2001), os teores de EE no alimento para ruminantes não deve ultrapassar 7%, pois pode ocorrer diminuição da fermentação ruminal, da digestibilidade da fibra e da taxa de passagem do alimento.

Os teores de cinzas, carboidratos totais e carboidratos não-estruturais presentes na silagem a partir do corte do sorgo e seus consórcios no corte da safra estão descritos na Tabela 14, onde constata-se diferença significativa ($P < 0,05$) para todos os atributos.

Tabela 13– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para teor de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	PB (%)		EE (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	5,0 bB	6,4 abA	1,4 bB	1,8 bcA
Sorgo/Marandu	5,0 Bb	6,2 bA	1,5 bA	1,8 bcA
Sorgo/Mombaça/guandu	6,5 Ab	7,5 aA	1,6 bB	2,2 abcA
Sorgo/Mombaça	7,2 aA	5,8 bB	1,7 bA	1,7 cA
Sorgo/guandu	4,5 Bb	6,0 bA	1,3 bB	2,5 Aa
Sorgo solteiro	4,8 Ba	5,4 bA	2,3 aA	2,3 abA
DMS linha	1,2		0,4	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey.

O conteúdo em cinzas de uma amostra alimentícia representa o conteúdo total de minerais podendo, portanto, ser utilizado como medida geral da qualidade. Pelos dados da Tabela 14 observa-se que as silagens de sorgo com capim-mombaça (5,5%) e com capim- mombaça e guandu-anão (5,9%) apresentaram os maiores teores de CZ em comparação aos demais tratamentos. Na avaliação da interação entre os tratamentos nos anos (Tabela 15), o consórcio do sorgo com o capim-mombaça (6,7%) e sorgo com capim-mombaça e guandu- anão (5,3%) apresentaram, respectivamente no primeiro e segundo anos de cultivo, os maiores teores de CZ.

Para os teores de carboidratos totais (CT) (Tabela 14), entre os anos avaliados, o maior teor foi verificado no primeiro ano (88,3%). Os valores de CT obtidos neste estudo estão acima dos relatados por Van Soest (1994), que descrevem que para plantas forrageiras se situam entre 50 a 80% da matéria seca.

Costa (2014) avaliou a qualidade das silagens do sorgo (cv. Volumax) em cultivo exclusivo e consorciado com gramíneas forrageiras tropicais, em sistema irrigado e durante dois anos consecutivos, obtendo valores de CT entre 82,7 a 87,1%, próximos aos encontrados neste experimento. Considerando que os carboidratos representam a principal fonte de energia para a fermentação microbiana, convertendo-os em ácidos graxos voláteis (AGV), as silagens de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão no presente experimento se mostraram como uma excelente fonte de energia para os microrganismos presentes no rúmem.

Analisando-se os teores de carboidratos não estruturais (CNE) (Tabela 14), verifica-se que a silagem de sorgo com o capim-mombaça apresentou o menor valor (12,4%), isso se deve a baixa participação de sorgo nesse consórcio e conseqüentemente menor porcentagem de colmo e panícula. Para o NRC (2001), os CNE são compostos de açúcares (glicose, frutose), ácidos orgânicos e outros carboidratos de reserva das plantas, tais como amido, sacarose e frutosanais.

Tabela 14– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de cinzas (CZ), carboidrato total (CT) e carboidrato não estrutural (CNE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento	CZ	CT	CNE
		%MS	
Sorgo/Marandu/guandu	4,2 b	88,4 a	17,0 a
Sorgo/Marandu	4,3 b	88,5 a	17,3 a
Sorgo/Mombaça/guandu	5,5 a	85,5 b	13,7 bc
Sorgo/Mombaça	5,9 a	85,9 b	12,4 c
Sorgo/guandu	3,7 b	89,1 a	15,8 ab
Sorgo solteiro	3,6 b	88,9 a	17,0 a
CV (%)	6,4	0,7	11,4
		Ano (A)	
1	4,5	88,3 a	15,0
2	4,6	87,1 b	16,0
		ANAVA (P-valor)	
Trat	0,0000	0,0000	0,0001
Ano	0,2332 ^{ns}	0,0000	0,0654 ^{ns}
Trat X Ano	0,0000	0,0000	0,6620 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Tabela 15– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para teores de cinzas (CZ) e carboidrato total (CT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	CZ (%)		CT (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	3,8 cdB	4,7 abA	89,8 aA	87,0 aB
Sorgo/Marandu	4,2 Ca	4,4 bA	89,4 aA	87,6 Ab
Sorgo/Mombaça/guandu	5,8 Ba	5,3 aB	86,1 bA	85,0 Bb
Sorgo/Mombaça	6,7 aA	5,2 aB	84,5 bB	87,3 aA
Sorgo/guandu	3,4 Db	4,1 bA	90,8 aA	87,4 Ab
Sorgo solteiro	3,3 Db	4,0 bA	89,5 aA	88,2 Ab
DMS linha	0,4		1,0	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo Teste Tukey.

As médias das porcentagens de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina das silagens de sorgo solteiro e nos consórcios com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão, avaliadas nos dois anos de cultivo, os valores dos níveis descritivos (P>F) e as respectivas análises de variância, estão apresentados na Tabela 16. Os teores de FDN e FDA médios foram de 73,3 e 49,2% e 71,0 e 43,9%, respectivamente, para o primeiro e segundo anos de cultivo. O teor de fibra dos alimentos está diretamente ligado com sua palatabilidade e a digestibilidade, sendo que quanto maiores forem os teores de FDN e FDA menor serão o seu consumo e digestibilidade, respectivamente.

A redução nos teores de FDN (71,0%) no segundo ano experimental, pode ser em parte explicada pela maior precipitação pluvial (203,4 mm) ocorrida nos trinta dias após a semeadura, em relação ao ano anterior (109,9 mm) aliado às temperaturas elevadas (Figura 3), pois quando ocorrem esses fatores em conjunto, existe uma acelerada atividade metabólica das células resultando na diminuição da lignificação (Tabela 16) da parede celular.

Silva, Reis e Magalhães (2011) determinaram teores de FDN e FDA médios de 62,8 e 40,8%, no material antes de ensilar, enquanto que na silagem foram de 66,0 e 44,3%, respectivamente, na silagem de sorgo com níveis crescentes de guandu-anão. Segundo os autores, este aumento pode estar relacionado às perdas de umidade devido à produção de efluentes, o que pode ter incrementado os teores de fibras na silagem.

Os teores de FDN neste experimento estão acima dos preconizados por Van Soest, Robertson e Lewis(1991), que para não ocorrer uma redução no consumo do alimento

deveriam estar entre 55 a 60%. Tais valores aqui obtidos, também, podem ser explicados pela maior participação do colmo na planta de sorgo, e conseqüentemente, na silagem no momento do corte, em virtude da menor precipitação pluviométrica nos dois anos de cultivo (Figura 2) quando comparada à média de precipitação da região que é de 1.370 mm (COSTA, 2014). Neste sentido, sugerem-se maiores taxas de consumo voluntário de silagens de sorgo em monocultivo ou consorciado que apresentem menores concentrações de FDN.

Tabela 16– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	FDN	FDA	Hem	Cel	Lig
Sorgo/Marandu/guandu	71,4 bc	47,7 a	23,7 c	38,9	7,6 a
Sorgo/Marandu	71,2 c	46,0 ab	25,1 b	41,6	6,3 c
Sorgo/Mombaça/guandu	71,9 abc	46,5 ab	25,4 b	38,7	7,1 ab
Sorgo/Mombaça	73,5 a	48,3 a	25,2 b	40,0	6,6 bc
Sorgo/guandu	73,3 ab	46,1 ab	27,1 a	38,2	6,8 bc
Sorgo solteiro	71,8 abc	44,9 b	26,9 a	37,4	6,5 bc
CV (%)	2,3	2,6	4,5	7,0	7,3
Ano (A)					
1	73,3 a	49,2 a	24,1 b	40,3 a	7,5 a
2	71,0 b	43,9 b	27,1 a	37,9 b	6,1 b
ANOVA (P-valor)					
Trat	0,0087	0,0039	0,0000	0,2620 ^{ns}	0,0002
A	0,0002	0,0000	0,0000	0,0061	0,0000
Trat X A	0,0851 ^{ns}	0,0025	0,0007	0,1650 ^{ns}	0,0047

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

A redução dos valores de FDN se deve em parte pelas menores porcentagens de celulose e hemicelulose (BERNADINO, 1996). De acordo com Van Soest (1994), havendo intensa formação de efluentes no decorrer do processo fermentativo, pode ocorrer aumento da porção fibrosa. Geralmente, os compostos solúveis em água são perdidos, causando um

aumento proporcional na fração menos fermentável em água, particularmente nos constituintes da parede celular, fato não observado no presente experimento.

Quando comparada aos carboidratos não estruturais, essa fração fibrosa apresenta menor digestibilidade, e sua presença no alimento ou na dieta correlaciona-se negativamente com o conteúdo de energia. Ao ser ofertada em quantidades maiores na dieta, caso não haja uma fonte adequada de energia, essa fração pode limitar o consumo de alimentos. Para Van Soest (1994), esta relação é alta e negativa, desta forma silagens de sorgo com menor concentração de FDN teriam tendência a apresentar maiores taxas de consumo voluntário, desde que não haja outros fatores envolvidos.

O NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC (1989) recomenda de 25,0 a 35,0% de FDN, como uma porcentagem ideal de FDN em uma dieta. Valores inferiores a estes podem levar à diminuição da gordura do leite, perda da motilidade intestinal e aumento na incidência de quadros de acidose. Portanto, sua presença em quantidades adequadas se faz indispensável para o funcionamento adequado do rúmen (NRC, 2000).

Para os resultados de fibra em detergente ácido foram observadas diferenças nos tratamentos. O cultivo do sorgo solteiro foi o que apresentou o menor teor (44,9%) de FDA, enquanto que o consórcio do sorgo com o capim-mombaça propiciou o maior teor (48,3%) (Tabela 16). Valores superiores foram encontrados por Araújo (2002), quando trabalhou com sorgo em estágio farináceo, demonstrando uma média de 35,7% de FDA na MS. Ribeiro (2005) relatou valores de FDA que variaram de 25,1% a 39,3%, com valor médio inferior ao encontrado neste experimento, de 29,9%.

Segundo Silva et al. (1999), os valores de FDA podem ter modificações, isto é, diminuição em seus teores, durante o processo fermentativo quando há redução nos teores de celulose. Dados estes que corroboram com os encontrados no referido experimento, onde observou-se uma redução de 10,8 e 6,0%, respectivamente para o teor de FDA e celulose no segundo ano de avaliação.

Quanto ao teor de celulose observa-se que as médias variaram de 37,4 a 41,6% entre os consórcios avaliados, e diminuição do teor também no segundo ano de avaliação (Tabela 16). O teor de celulose não é um bom indicador da porção fibrosa e/ou da digestibilidade da forragem, quando se quer usar este atributo como único, pois a celulose é um carboidrato estrutural componente da FDA. Dentre os fatores que interferem em sua digestibilidade estão a silicificação, cutinização, fatores intrínsecos da celulose e a lignificação, sendo este o principal. Este carboidrato pode estar ligado e protegido pela lignina ou não ser alterado por

esse composto, o que pode explicar o comportamento cinético da celulose em diversas taxas de digestão (IBRAHIM, 2007).

A existência de celulose digestível e indigestível reafirmam a visão da não uniformidade na utilização da celulose, desde que, a não lignificada mostre muita diversidade em digestibilidade (VAN SOEST, 1994). Enquanto que, o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator que limita a digestibilidade, devido a incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação dos microrganismos presentes no rúmen e alterando tanto a taxa quanto a extensão da digestão (VAN SOEST, 1994).

Na Tabela 16 observa-se que houve efeito significativo dos tratamentos para os teores de lignina, sendo que o menor teor foi obtido no consórcio do sorgo com capim-marandu. Entre os anos de cultivo, também uma redução média de 18,7% do primeiro para o segundo ano. Esta redução pode ter sido, provavelmente, devido a maior quantidade de água disponível para os sistemas de cultivo no segundo ano (Figuras 2, 3 e 4), o que pode ter contribuído para uma menor lignificação da parede celular.

De acordo com Silva et al. (1999), as maiores porcentagens de lignina encontram-se em silagens com maiores proporções de colmo e folhas, porcentagem esta que se reduz à medida que a participação do colmo na proporção diminui. Entretanto, tal afirmação contrapõem-se aos encontrados neste ensaio, pois o consórcio do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão não apresentou as maiores porcentagens de colmo e folhas na planta de sorgo, mas foi o consórcio com o maior teor de lignina entre os avaliados.

Os resultados do desdobramento para a interação dos tratamentos versus os anos, para o FDA, Hem e Cel encontram-se na Tabela 17. Os consórcios do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão (51,3%) e sorgo com capim-mombaça (46,1%) apresentaram os maiores teores de FDA no primeiro e segundo anos, respectivamente. Para os teores de hemicelulose (Tabela 17), em ambos os anos, o sorgo consorciado com o guandu-anão foi o que apresentou maior teor.

McDonald, Henderson e Heron (1991) consideram a faixa normal de pH para silagens de boa qualidade como sendo entre 3,6 a 4,2. Entretanto, Van Soest (1994) considera valores de pH inferiores a 4,4 como bons e menciona ainda que em silagens com alto teor de MS (superiores a 35%), o pH torna-se um parâmetro de pouca importância, pois o desenvolvimento da acidez é inibido pela baixa quantidade de água presente na planta e pela alta pressão osmótica, de forma que as silagens com pH alto podem ter boa qualidade. Assim, pode-se inferir que o pH é inversamente correlacionado com o teor de umidade.

Tabela 17– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano para teores defibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem) e celulose (Cel) na silagem de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	FDA (%)		Hem (%)		Cel (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/ guandu	51,3 aA	44,1 abcB	21,1 bB	25,3 abA	8,3 aA	6,9 Ab
Sorgo/Marandu	49,7 abA	42,3 cB	22,8 bB	27,5 abA	7,6 abcA	5,0 Bb
Sorgo/Mombaça /guandu	47,5 bA	45,5 abB	25,3 aA	25,5 bA	6,9 bcA	6,4 aA
Sorgo/Mombaça	50,4 aA	46,1 aB	22,7 bB	27,8 abA	7,9 abA	6,3 aB
Sorgo/guandu	49,3 abA	42,9 bcB	26,2 aB	28,1 aA	7,7 abc A	5,9 abB
Sorgo solteiro	47,2 bA	42,7 cB	26,2 aA	27,6 abA	6,7 cA	6,2 aA
DMS linha	1,8		1,7		0,7	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes de Tukey ($P < 0,05$) e F ($P < 0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo Teste Tukey

No presente experimento, as silagens de sorgo solteiro e seus consórcios apresentaram valores de pH que variaram entre 3,5 a 3,9 (Tabela 18). De acordo com Araújo (2002), silagens de sorgo no estágio de grão farináceo apresentaram variação do pH de 3,9 a 4,1. Enquanto que Rocha Júnior et al. (2000), ao avaliarem sorgos de porte baixo e alto, relataram valores de pH entre 3,7 a 4,3 e de 3,5 a 3,8, respectivamente.

Verifica-se que os teores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram de 55,2 e 64,4% no primeiro e segundo anos de cultivo, respectivamente (Tabela 18). Van Soest (1994) relatou que valores acima de 55% são considerados ideais em forrageiras tropicais, valores estes abaixo dos considerados por Keplin (1992), que para uma silagem ser considerada de boa qualidade, deve apresentar de 64 a 70% de NDT. Observa-se que em ambos os anos e em todos os tratamentos os valores ficaram acima dos considerados como ideais para ambos os autores.

Trabalhando com a produção de silagem de sorgo (cv. Volumax) em cultivo exclusivo e consorciado com gramíneas forrageiras tropicais, também durante dois anos consecutivos, Costa (2014) obteve valores de NDT variando entre 66,5 a 68,4%, superiores ao encontrados neste experimento. Entretanto, tal ensaio foi realizado em área irrigada e sem limitação hídrica, havendo um maior acúmulo de NDT se comparado com condições de sequeiro, nas

quais a quantidade de água indisponível faz com que as gramíneas forrageiras incrementem as fibras em detrimento ao NDT. Segundo Oliveira et al. (2010), o teor de NDT também é um fator de extrema importância, uma vez que a energia e proteína são frequentemente os fatores mais limitantes para a adequada nutrição de ruminantes nos trópicos.

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 18), o consórcio do sorgo com o capim-marandu apresentou o maior valor (60,8%) e o consórcio do sorgo com capim-mombaça foi o que apresentou o menor valor (54,0%), provavelmente devido à maior participação dos componentes fibrosos na massa vegetal ensilada (Tabelas 16 e 17).

Machado (2009) avaliou a qualidade nutricional de três híbridos de sorgo em três estádios de maturação, encontrando comportamento variado na DIVMS (50,7 a 55,5%) com o avanço dos estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo). Por efeito de anos de cultivo, verifica-se que houve uma melhora na digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 14,4% no segundo ano (Tabela 18), provavelmente em função do aumento dos teores de PB e NDT e redução dos componentes fibrosos (FDN, FDA, celulose e lignina) da silagem.

Valores superiores de DIVMS foram encontrados por Silva et al. (1999), em sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, com 62,5; 57,8 e 59,4%, respectivamente. Gourley e Lusk (1978), citado por Ibrahim (2007) afirmam que existem variações na digestibilidade dos nutrientes da planta de sorgo dentre e entre genótipos, principalmente, quando da presença ou não de taninos. Outro ponto também a ser ressaltado é a dureza do grão e do estágio de maturação dos grãos como fatores determinantes nestas variações. Entretanto, os coeficientes de digestibilidade podem ser influenciados não só pelos teores de taninos, lignina, FDA e celulose, mas também por suas interações (VAN SOEST, 1994).

Os componentes fibrosos, FDN, FDA, celulose e lignina, têm sido inversamente relacionados a DIVMS e à medida que a planta envelhece ocorre um aumento na percentagem destes componentes estruturais da parede celular em detrimento do conteúdo celular, resultando em queda do valor nutritivo, reduzindo o aproveitamento da forragem, onde a lignina tem papel principal, pois ela é resistente ao processo fermentativo dentro do silo e no ambiente ruminal e pode, dependendo de sua concentração e composição estrutural, limitar a extensão da digestão (VAN SOEST, 1994).

Tabela 18– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para pH, nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento	pH	NDT	DIVMS
Sorgo/Marandu/guandu	3,8 ab	63,0 a	60,6 a
Sorgo/Marandu	3,7 ab	63,2 a	60,8 a
Sorgo/Mombaça/guandu	3,8 ab	58,7 ab	57,0 ab
Sorgo/Mombaça	3,9 a	55,2 b	54,0 b
Sorgo/guandu	3,6 ab	59,5 ab	57,6 ab
Sorgo solteiro	3,5 b	59,2 ab	57,4 ab
CV (%)	4,2	7,1	6,3
Ano (A)			
1	3,7	55,2 b	54,0 b
2	3,7	64,4 a	57,4 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0610 ^{ns}	0,0158	0,0157
A	0,5362 ^{ns}	0,0000	0,0000
Trat X A	0,0198	0,0800 ^{ns}	0,0799 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Com relação aos teores de NIDN (Tabela 19), não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para o NIDA houve diferença, com o sorgo em consórcio com guandu-anão apresentando o maior teor (29,4%), enquanto que o menor teor foi avaliado no consórcio do sorgo com capim-mombaça (19,6%).

Para Oliveira (2011) uma parte dos compostos nitrogenados de volumosos está ligada à parede celular, na forma de NIDN e NIDA, de modo que o aumento dos teores do nitrogênio insolúvel em detergente ácido contribui para o aumento da porção indigestível do nitrogênio. Também, é importante registrar que a diferença entre os valores de NIDN e NIDA corresponde a proteína associada à parede celular de lenta degradabilidade (VAN SOEST; FOX, 1992).

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, sendo, porém, de lenta degradação no rúmen, enquanto o nitrogênio retido na forma de NIDA é praticamente indigestível, estando geralmente associado à lignina e a outros

compostos de difícil degradação (VAN SOEST, 1994). Forrageiras com teores superiores a 20% de NIDA têm a sua utilização comprometida, em razão de reduções na disponibilidade de nitrogênio e na digestibilidade da MS (VAN SOEST; MANSON, 1991). Sendo assim, somente o consórcio do sorgo com capim-mombaça (19,6%), na média entre os tratamentos, apresentou boa digestibilidade da fração proteica, provavelmente pela maior percentagem de folhas do capim na massa ensilada.

Nas silagens consideradas com bom padrão de fermentação, os valores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) com base no nitrogênio total são inferiores a 10%, sendo a amônia derivada principalmente da deaminação de aminoácidos específicos, amidas, e da redução de nitratos pelas bactérias lácticas (FAIRBAIRN; ALL; PHILLIP, 1992). De acordo com Gonçalves, Borges e Ferreira (2009), os teores de nitrogênio amoniacal em silagens de sorgo variam de 0,5 a 7,8%.

Pires et al. (2013), avaliando as características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno, utilizando-se dos materiais Volumax, AG 2005E, Qualimax, BRS 610 e AG 2501 determinaram valores de N-NH₃/NT variando entre 5,8 a 8,5%. Segundo Gonçalves et al. (1999), as menores concentrações de N-NH₃ ocorrem em silagens com maiores conteúdos de MS, porém não ultrapassando 38% de MS. Porém, os teores de N-NH₃ não estão associados somente ao conteúdo de MS, mas também às quantidades de carboidratos fermentáveis (MEESKE et al., 1993), à concentração proteica, ao pH, ao tempo de ensilagem e à temperatura de fermentação da silagem (MOISIO; HEIKONEN, 1994).

Valores superiores foram observados por Rocha Júnior et al. (2000) que estudaram a qualidade de silagens de sete genótipos de sorgo e determinaram teores de N-NH₃ variando de 3,8 a 6,3%, resultados estes próximos aos encontrados por Brito (1999) ao avaliar as silagens de sorgo, que obteve valores de 3,8 a 7,7% de N-NH₃.

De acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), em vários estudos publicados, os teores de N-NH₃/NT são expostos como uma medida direta da extensão da proteólise ocorrida dentro do silo, no entanto, a afirmação segundo Ibrahim (2007) é equivocada, pois os teores de nitrogênio amoniacal são somente indicativos da extensão da quebra de aminoácidos, podendo ocorrer proteólise intensa sem que haja aumento nos valores de N-NH₃/NT.

Embora não tenha ocorrido diferença estatística entre os valores médios de nitrogênio amoniacal nas silagens avaliadas (Tabela 19), os resultados encontrados foram muito inferiores aos limites estabelecidos por vários pesquisadores. Portanto, de acordo com a literatura, as silagens consorciadas de sorgo com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão

avaliadas neste experimento apresentam bom padrão de fermentação e classificam-se como de muito boa qualidade (Tabelas 1 e 19), reflexo de um processo fermentativo adequado, sem a ocorrência de proteólise e deaminação de aminoácidos na silagem.

Tabela 19– Valores médios, teste tukey e P-valor da ANAVA para teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento	NIDN	NIDA	N-NH ₃
Sorgo/Marandu/guandu	31,3	24,9 ab	1,9
Sorgo/Marandu	30,2	25,0 ab	1,5
Sorgo/Mombaça/guandu	32,7	20,7 b	1,7
Sorgo/Mombaça	29,7	19,6 b	1,4
Sorgo/guandu	36,1	29,4 a	2,0
Sorgo solteiro	33,2	23,4 ab	1,6
CV (%)	17,7	23,8	17,8
		Ano (A)	
1	31,3	29,0 a	1,9 a
2	33,2	18,9 b	1,4 b
		ANAVA (P-valor)	
Trat	0,1706 ^{ns}	0,0054	0,0558 ^{ns}
A	0,2605 ^{ns}	0,0000	0,0000
Trat X A	0,6097 ^{ns}	0,2855 ^{ns}	0,0542 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Segundo Mendonça Júnior et al. (2011), durante muitos anos se acreditava que os animais deveriam ser alimentados por apenas três nutrientes ativos: proteínas, carboidratos e lipídeos. Entretanto, com o avanço das pesquisas em produção animal, foi se verificando que as exigências nutricionais aumentavam, e com isso a necessidade de outros nutrientes, que teriam funções vitais no organismo para mantê-lo funcional.

Os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na reprodução, manutenção do crescimento, no metabolismo energético, na função imune entre outras tantas funções fisiológicas, não só para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade animal (WILDE, 2006;

LAMB et al., 2008). Contudo, os minerais nem sempre são encontrados em quantidades necessárias nos alimentos, não sendo suficiente para a máxima resposta animal, havendo a necessidade de uma suplementação para compensar essa deficiência (PEIXOTO et al., 2005).

Os teores dos macronutrientes P, K, Ca, Mg e S na silagem de sorgo e seus consórcios estão descritos na Tabela 20. Houve diferença entre os tratamentos avaliados para os teores de K, Mg e S. O consórcio do sorgo com capim-mombaça proporcionou maiores concentrações de K, Ca e S que os demais, com teor de K semelhante ao do sorgo consorciado capim- mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-marandu.

Tabela 20– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) na silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	P	K	Ca	Mg	S
Sorgo/Marandu/guandu	0,20	0,69 bc	0,24	0,26 bc	0,13 ab
Sorgo/Marandu	0,20	0,76 abc	0,23	0,24 c	0,14 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	0,21	0,90 ab	0,27	0,31 abc	0,14 ab
Sorgo/Mombaça	0,20	1,03 a	0,29	0,32 ab	0,15 a
Sorgo/guandu	0,19	0,55 c	0,23	0,29 abc	0,12 b
Sorgo solteiro	0,18	0,47 c	0,23	0,35 a	0,12 b
CV (%)	5,5	28,7	14,5	13,5	10,2
	Ano (A)				
1	0,21 a	0,96 a	0,22	0,26 b	0,13 b
2	0,18 b	0,51 b	0,28	0,32 a	0,14 a
	ANAVA (P-valor)				
Trat	0,2759 ^{ns}	0,0004	0,1011 ^{ns}	0,0019	0,0131
A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0202
Trat X A	0,0086	0,0016	0,0490	0,0028	0,1073 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano.

O maior teor de P foi encontrado no consórcio do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão (0,21%), seguido pelos tratamentos do sorgo com capim-marandu e guandu-anão, sorgo com Marandu, sorgo com Mombaça, sorgo com guandu-anão e sorgo em monocultivo.

Oliveira et al. (2010), avaliando a qualidade de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol, obtiveram teores de P, K, Ca e Mg, respectivamente de 0,12; 2,28; 0,85 e 0,34% para a silagem de sorgo forrageiro. Os elementos minerais de uma certa forma apresentaram teores deficientes aos preconizados pelo NRC (2001), evidenciando a importância de uma correta adubação de base desses elementos quando se trabalha com culturas destinadas para ensilagem. Em avaliação de um híbrido de sorgo submetido a dois cortes, Mello et al. (2003) encontraram teores superiores de macronutrientes, que oscilaram entre 1,75 e 2,85% de P e 0,30 a 0,44% de Mg, contudo em área irrigada e em solo de alta fertilidade.

De acordo com McDowell (2001), a deficiência de minerais desencadeia diversas doenças em ruminantes: hipocalcemia (Ca), hipomagnesemia (Mg), predisposição à hipomagnesemia (K), raquitismo e osteomalácia (Ca e P). As exigências médias, segundo o NRC (2001), para vacas de leite em fase de lactação para os minerais P, K, Ca, Mg e S são de 0,38, 1,12, 0,66, 0,23 e 0,20%, respectivamente. Nos teores encontrados no referido experimento, com exceção ao Mg, observa-se que os valores estão abaixo dos requeridos por vacas em lactação. Neste sentido sugere-se que ocorra uma suplementação mineral em conjunto com a silagem para suprir as necessidades desta categoria animal.

Com base nos dados de desdobramento da interação Tratamentos x Anos para os teores de P e K (Tabela 21) verifica-se que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os anos para os consórcios do sorgo com capim-mombaça e guandu-anão e sorgo com guandu-anão para o teor de P. Para o teor de K houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os anos para os consórcios do sorgo com capim-marandu e guandu-anão, com capim-mombaça e guandu-anão e com capim-mombaça.

Os valores médios de Ca e Mg na análise de desdobramento da interação Tratamentos x Anos estão contidos na Tabela 22, sendo verificadas diferenças significativas ($P < 0,05$) no primeiro ano de cultivo para o teor de Ca, e no segundo ano para o teor de Mg entre as silagens avaliadas. Destacando-se a silagem de sorgo solteiro apresentando o maior teor de Mg (0,45%) no segundo ano.

Tabela 21– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para os teores de fósforo (P) e potássio (K) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	P (%MS)		K (%MS)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	0,22 aA	0,18 abB	0,85 bcA	0,53 aB
Sorgo/Marandu	0,22 aA	0,18 abB	0,85 bcA	0,67 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	0,21 aA	0,20 aA	1,20 abA	0,60 aB
Sorgo/Mombaça	0,21 aA	0,18 abB	1,60 aA	0,47 aB
Sorgo/guandu	0,20 aA	0,19 aA	0,70 cA	0,40 aA
Sorgo solteiro	0,20 aA	0,16 bB	0,55 cA	0,40 aA
DMS linha	0,0		0,3	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Tabela 22– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamentos	Ca (%MS)		Mg (%MS)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	0,23 abcA	0,26 aA	0,25 aA	0,26 bA
Sorgo/Marandu	0,16 cB	0,30 aA	0,21 aA	0,26 bA
Sorgo/Mombaça/guandu	0,25 abA	0,30 aA	0,28 aA	0,33 bA
Sorgo/Mombaça	0,28 aA	0,30 aA	0,30 aA	0,33 bA
Sorgo/guandu	0,19 bcB	0,28 aA	0,26 aB	0,32 bA
Sorgo solteiro	0,19 bcB	0,27 aA	0,25 aB	0,45 aA
DMS linha	0,0		0,1	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Na Tabela 23, constam as perdas por gases, efluentes e recuperação da matéria seca das silagens de sorgo consorciados com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão no momento do primeiro corte. Não houve diferença de perdas entre os tratamentos avaliados, entretanto, houve diferença significativa para a produção de efluentes e recuperação da matéria seca quando se compara a média entre os anos. O consórcio do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão, seguido pelo sorgo com capim-mombaça e sorgo solteiro, foram os tratamentos

que apresentaram os maiores valores de perdas por gases (23,7%), perdas por efluentes (3,6 kg t⁻¹ MV) e recuperação de matéria seca (89,2%), respectivamente.

Tabela 23– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para perdas por gases (PG), produção de efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) na produção de silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PG (%MS)	PE (kg t ⁻¹ MV)	RMS (%)
Sorgo/Marandu/guandu	18,2	2,3	76,6
Sorgo/Marandu	19,6	2,2	71,8
Sorgo/Mombaça/guandu	23,7	3,3	75,6
Sorgo/Mombaça	19,3	3,6	73,3
Sorgo/guandu	11,5	2,8	78,5
Sorgo solteiro	8,7	2,1	89,2
CV (%)	44,2	44,9	18,3
Ano (A)			
1	15,2	3,6 a	86,7 a
2	18,4	1,9 b	68,3 b
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,2773 ^{ns}	0,0996 ^{ns}	0,3200 ^{ns}
A	0,4940 ^{ns}	0,0002	0,0003
Trat X A	0,9459 ^{ns}	0,1222 ^{ns}	0,3182 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Os processos de conservação de forragem convivem rotineiramente com perdas de nutrientes de diversas magnitudes e eventualmente essas perdas ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluentes, uma vez que sua presença no silo é indesejável e deve ser evitada para não ocasionar prejuízos no processo fermentativo (STEFANIE et al., 2000).

Segundo Amaral et al. (2007), a produção de gases na silagem é resultante de fermentações secundárias, exercida por enterobactérias, bactérias do gênero *Clostridium* microrganismos aeróbicos, que normalmente crescem em meios com pH mais elevado. Em relação as perdas por gases, esta foi a única variável do perfil fermentativo da silagem de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão que não apresentou diferença significativa (P<0,05) entre os anos avaliados. Porém, observa-se que entre o

cultivo do sorgo solteiro (8,7%) e o cultivo do sorgo em consórcio com o capim-mombaça e guandu-anão existe uma diferença de 272,4% nas perdas por gases (Tabela 23).

Avaliando a produção de silagem de quatro cultivares de sorgo sob três doses de adubação nitrogenada, França et al. (2011), obtiveram perdas por gases média de 1,9%, sendo tais resultados abaixo dos encontrados no presente estudo, que variaram entre 8,7 a 23,7% da MS. Outro fator que pode ter contribuído de maneira às maiores perdas por gases foram os altos teores de carboidratos não estruturais aqui avaliados, em torno de 15 e 16%, respectivamente no primeiro e segundo ano experimental (Tabela 14), uma vez que os gases eliminados são frações voláteis resultantes da fermentação dos carboidratos e amônia.

A produção de efluentes é influenciada pelo teor de MS, natureza do silo, grau de compactação exercido, além do processamento físico da forragem. Quando o material é ensilado com alta concentração de umidade, as perdas de MS no efluente podem alcançar até 10%, contudo, quando o teor de MS se encontra na faixa de 30%, a produção de efluente torna-se quase que inexistente (HAIGH, 1999), como aqui verificados (Tabela 23).

Segundo Van Soest (1994), a produção excessiva de efluentes ao longo do processo fermentativo ocasiona a elevação de componentes fibrosos, principalmente em decorrência da lixiviação dos compostos solúveis em água. Normalmente, os constituintes da parede celular se elevam durante o armazenamento da silagem, em função da redução do nível de carboidratos solúveis no processo fermentativo e devido às perdas de MS no efluente e gases de fermentação (SCHMIDT et al., 2007).

Como indicativo de um bom teor de MS da silagem de sorgo e seus consórcios, no presente trabalho obteve-se o valor médio de RMS de 86,7 e 68,3% (Tabela 23), respectivamente no primeiro e segundo anos de cultivo. Entretanto, somente no primeiro ano de avaliação este valor pode ser considerado alto e adequado, tendo em vista que frequentemente se encontra na literatura valores inferiores a 85% de recuperação de MS (SILVA, 2014).

Fato este, que pode estar relacionado a menor perda por gases também ocorrida no primeiro ano de cultivo, quando comparada com o segundo ano. Segundo Pedroso et al. (2005), as perdas por gases podem representar até 98,4% da perda de matéria seca, principalmente pela formação de CO₂ que ocorre em casos de fermentação indesejável. Ressalta-se que a recuperação de matéria seca indica quanto do material ensilado, inicialmente, foi recuperado e poderá ser utilizado após a abertura do silo. Desta forma, quanto maior for este valor, maior será a quantidade de silagem aproveitável, além de indicar baixas perdas durante o processo fermentativo.

O uso de baldes de plásticos retangulares, neste experimento, pode ter influenciado diretamente na produção de gases e RMS, pois devido o balde plástico apresentar uma expansão no momento de enchimento dos silos, este pode ter acumulado grande quantidade de oxigênio, que influenciou diretamente no padrão fermentativo das silagens, entretanto, não influenciando na qualidade, pois esse armazenamento de ar ocorreu na parte superior do silo e para efeito de análise bromatológica descartou-se a camada superior de cada silo (0,10 m). Alia-se a isto, o alto teor de matéria seca no momento da ensilagem, no primeiro (37,5%) e segundo (37,8%) anos de cultivo que podem também ter influenciado na qualidade da compactação.

Amaral et al. (2007) avaliaram as silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação (100, 120, 140 e 160 kg MS m⁻³) durante a ensilagem e verificaram que a produção de gases variou de 5,2(140 kg MS m⁻³) a 12,8% (120 kg MS m⁻³), observando-se que as maiores intensidades de produção de gases ocorreu nas silagens produzidas com menores densidades (100 e 120 kg MS m⁻³), o que pode ter sido ocasionado pelo ambiente e, conseqüentemente, pelo tipo de fermentação ocorrido, pois, segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), maiores produções de gases estão associadas à presença de bactérias heterofermentativas e enterobactérias, destacando-se que a fermentação butírica é ocasionada por bactérias do gênero *Clostridium*.

4.2 CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DO SORGO EM CONSÓRCIO COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E/OU GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO MOMENTO DA REBROTA

4.2.1 Crescimento da rebrota da planta de sorgo

Os valores médios de altura de plantas (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas por hectare (ESTANDE DE SORGO) da rebrota do sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão constam na Tabela 24. Observa-se que não houve rebrota de sorgo nos consórcios com o capim-mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça. Este resultado pode ser atribuído ao efeito do maior desenvolvimento do capim-mombaça já estabelecido, que por matocompetição impediu o desenvolvimento do sorgo.

Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para ALT, DIA e ESTANDE DE SORGO, entretanto, houve efeito entre os anos de avaliação. Na rebrota, o

consórcio do sorgo com capim-marandu e guandu-anão (1,71 m) apresentou a maior altura, sendo seguido pelo sorgo com capim-marandu (1,70 m), sorgo com guandu-anão (1,68 m) e sorgo solteiro (1,59 m).

Tabela 24– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para Altura (ALT), diâmetro basal do colmo (DIA) e estande de plantas (ESTANDE DE SORGO) do sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos (Trat)	ALT (m)	DIA (cm)	ESTANDE DE SORGO (n° de plantas ha ⁻¹)
Sorgo/Marandu/guandu	1,71	0,87	55.787
Sorgo/Marandu	1,70	0,86	60.648
Sorgo/Mombaça/guandu	-	-	-
Sorgo/Mombaça	-	-	-
Sorgo/guandu	1,68	0,84	70.601
Sorgo solteiro	1,59	0,88	74.305
CV (%)	8,7	12,1	12,9
Ano (A)			
1	1,88 a	0,53 b	78.704 a
2	1,46 b	1,20 a	51.968 b
ANOVA (P-valor)			
Trat	0,2027 ^{ns}	0,8859 ^{ns}	0,0583 ^{ns}
A	0,0000	0,0000	0,0000
Trat x A	0,0256	0,1165 ^{ns}	0,0015

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

A altura do sorgo da rebrota (Tabela 24) foi contrária aos resultados do primeiro corte (Tabela 5), onde observou-se que na avaliação entre anos, as menores alturas de plantas ocorridas no primeiro ano foram atribuídas ao maior estande de plantas, e, portanto, à maior competição intraespecífica, onde houve maior interceptação de luz pelas folhas e maior área individual na exploração do solo, ocorrendo um aumento no uso e no aproveitamento da água e nutrientes.

A competição por luz é uma das modalidades de interferência que mais alteram o crescimento das plantas, pois limita a fonte predominante de absorção de energia aos processos básicos de recrutamento de elementos e de elaboração de todas as substâncias

envolvidas no processo de crescimento do vegetal (MAY et al., 2012a). Dados estes que corroboram com os encontrados neste experimento, onde no primeiro ano, logo após o primeiro corte, ocorreu uma maior precipitação pluvial (Figura 3) aliado a maiores temperaturas e radiação solar, contribuindo para maior crescimento do sorgo na rebrota.

Botelho (2010) com o objetivo de determinar as características agrônômicas da rebrota de genótipos de sorgo para a produção de silagem, verificou alturas de 2,08; 1,77; 1,88 e 2,03 m e, estande de plantas na rebrota de 203.000, 209.000, 206.571 e 194.000 mil plantas por hectare para os cultivares Volumax, AG2005E, Qualimax e BRS610, respectivamente.

Nesta pesquisa, o baixo número de plantas na rebrota pode estar associado pela alta mortalidade das plantas em decorrência de dois fatores principais: o tipo de colheita para silagem realizada mecanicamente e com isso ocorrendo um maior pisoteio pelas rodas tanto do trator como da carreta de armazenagem do material picado, e o período de perfilhamento com baixa precipitação pluvial no momento do primeiro corte, principalmente no segundo ano de avaliação (Figura 3).

Na Tabela 25 observa-se os valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação entre os tratamentos com os anos, sendo verificado que não houve diferença significativa ($P>0,05$) para a ALT entre os anos no cultivo do sorgo solteiro. Também, verificou-se que, no consórcio do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão, não foi verificado efeito significativo entre os sistemas nos anos.

Tabela 25– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para altura (ALT) e estande das plantas de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	ALT (m ⁻¹)		ESTANDE DE SORGO (n° de plantas ha ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	1,97 aA	1,46 aB	61.111 bA	50.463 aA
Sorgo/Marandu	1,98 aA	1,42 aB	67.593 bA	53.704 aB
Sorgo/Mombaça/guandu	-	-	-	-
Sorgo/Mombaça	-	-	-	-
Sorgo/guandu	1,92 abA	1,44 aB	86.111 aA	55.093 aB
Sorgo solteiro	1,64 bA	1,54 aA	100.000 aA	48.611 aB
DMS linha	0,2		12.987	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey ($P<0,05$) e F ($P<0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

4.2.2 Produtividade da rebrota da cultura do sorgo, gramíneas forrageiras e guandu-anão

As produtividades médias de massa verde da rebrota do sorgo (PMVS), gramíneas forrageiras (PMVGF), guandu-anão (PMVG) e massa verde total (PMVT) estão apresentados na Tabela 26. Em relação aos valores de PMVS ($t\ ha^{-1}$), não foi observada diferença significativa entre os sistemas. Sendo que, a maior produtividade para o sorgo consorciado com capim-marandu e guandu-anão ($15,6\ t\ ha^{-1}$). Quando se compara entre os anos, verifica-se que no primeiro ano a produtividade do sorgo foi superior em $6,3\ t\ ha^{-1}$. Nesta condição, a rebrota apresentou, respectivamente, um percentual de produção comparado ao primeiro corte de 58,2 e 24,8% no primeiro e segundo anos.

Estes dados estão próximos aos valores descritos por Casela et al. (1986) que afirmam que o aproveitamento da rebrota do sorgo pode ser viável, desde que as condições de temperatura e umidade do solo sejam favoráveis ao seu desenvolvimento, podendo alcançar valores de 40 a 60% da produtividade no primeiro corte. Lima et al. (2007) analisando o genótipo de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra, de alta produtividade de grãos, forragem e capacidade de rebrota, obtiveram produção de massa verde de 75,6; 56,6 e 51,2% no 1º, 2º e 3º cortes da rebrota de sorgo, comparadas ao corte da safra, valores estes superiores ao deste experimento.

Tabela 26– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para a produtividade de massa verde de sorgo (PMVS), de gramíneas forrageiras (PMVGF), de guandu-anão (PMVG) e total (PMVT) nos tratamentos avaliados em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PMVS	PMVGF	PMVG	PMVT
	t ha ⁻¹			
Sorgo/Marandu/guandu	15,6	6,1	-	21,7
Sorgo/Marandu	12,0	6,9	-	18,9
Sorgo/Mombaça/guandu	-	19,4	-	19,4
Sorgo/Mombaça	-	20,4	-	20,4
Sorgo/guandu	11,5	-	1,1	12,6
Sorgo solteiro	14,3	-	-	14,3
CV (%)	35,2	31,73	67,7	37,7
	Ano (A)			
1	17,0 a	21,5 a	1,3	25,9 a
2	9,7 b	4,0 b	0,9	9,3 b
	ANAVA (P-valor)			
Trat	0,1708 ^{ns}	0,0329	0,0000	0,1699 ^{ns}
A	0,0009	0,0000	0,4650 ^{ns}	0,0000
Trat x A	0,4989 ^{ns}	0,0000	0,0000	0,0028

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Na avaliação da produtividade total de massa verde, observa-se que não houve diferença entre os tratamentos avaliados. Salienta-se nesse experimento que mesmo no consórcio do sorgo com capim-mombaça e guandu-anão e com capim-mombaça, onde não houve a rebrota da cultura do sorgo, a produtividade de massa verde produzida pelo capim-mombaça foi superior à dos tratamentos do sorgo com capim-marandu, sorgo com guandu-anão e sorgo solteiro.

De acordo com Magalhães, Durões e Schaffert (2000), o perfilhamento do sorgo pode ser basal ou axilar, ou seja, basal quando se origina de gemas do primeiro nó, e axilares oriundas daquelas dos outros nós do caule que são morfológicamente idênticas e possuem potencial para formar perfilhos. Segundo os mesmos autores, os fatores de manejo da cultura também interferem no perfilhamento, além da genética dos cultivares e das condições ambientais, como: densidade populacional de plantas, espaçamento entrelinhas de semeadura, fertilidade do solo, adubação, altura de corte, oferta hídrica, temperatura, entre outros.

No primeiro ano observa-se que a produção de capim-mombaça foi 10 vezes superior a produção no segundo ano de avaliação (Tabela 27), fato este relacionado principalmente pelo menor estande de sorgo no primeiro ano, fazendo com que houvesse uma grande produção de massa.

Tabela 27– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para produção de massa verde das gramíneas forrageiras (PMVGF), guandu-anão (PMVG) e massa total (PMVT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	PMVGF (t ha ⁻¹)		PMVT (t ha ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	8,6 bA	3,7 aA	29,6 abA	13,9 Ab
Sorgo/Marandu	9,0 bA	4,8 aA	22,7 ab A	15,1 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	35,3 aA	3,6 aB	35,3 aA	3,6 aB
Sorgo/Mombaça	33,0 aA	3,8 aB	33,0 aA	4,2 aB
Sorgo/guandu	-	-	16,7 bA	8,6 aA
Sorgo solteiro	-	-	18,0 bA	10,6 aA
DMS linha	6,9		9,9	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Houve diferença entre os anos avaliados para a produtividade de massa seca da rebrotado sorgo (PMSS), gramíneas forrageiras (PMSF) e massa seca total (PMST) (Tabela 28). Botelho (2010) avaliando quatro híbridos de sorgo no corte do ano e corte da rebrota, verificou para o cultivar Volumax produtividade de 6,4 t ha⁻¹ de massa no corte da rebrota em cultivo exclusivo.

Avaliando as características agronômicas dos genótipos de sorgo AG 1018 e DKB860, ambos graníferos, AG 2005E e MASSA3, ambos de duplo propósito, Volumax e BRS610 ambos forrageiros, Von Pinho et al. (2006) verificaram variações na produtividade de matéria seca superiores às determinadas no presente trabalho. As médias obtidas foram de 9,0 t ha⁻¹ para os graníferos, 10,8 t ha⁻¹ para os duplos propósitos e 14,4 t ha⁻¹ para os forrageiros. Estudando o potencial forrageiro de seis genótipos de sorgo com sorgo-Sudão, Gontijo et al. (2008) determinaram, em média, produtividades de MS de 9,04; 7,33; 9,13; 7,48; 7,83 e 6,85 t ha⁻¹, todas superiores às alcançadas neste trabalho.

Tabela 28– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para Produtividade de massa seca do sorgo (PMSS), gramíneas forrageiras (PMSGF), guandu-anão (PMSG) e massa seca total (PMST) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude e significância da ANAVA, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PMSS	PMSGF	PMSG	PMST
	t ha ⁻¹			
Sorgo/Marandu/guandu	5,2	1,4	-	6,6
Sorgo/Marandu	4,4	1,6	-	6,0
Sorgo/Mombaça/guandu	-	4,8	-	4,8
Sorgo/Mombaça	-	5,0	-	5,0
Sorgo/guandu	3,7	-	0,5	4,2
Sorgo solteiro	5,0	-	-	5,0
CV (%)	33,6	30,6	67,1	33,5
	Ano (A)			
1	5,5 a	5,0 a	0,5	7,1 a
2	3,7 b	1,2 b	0,5	3,3 b
	ANAVA (P-valor)			
Trat	0,5368 ^{ns}	0,0207	0,0000	0,2887 ^{ns}
A	0,0051	0,0000	0,6340 ^{ns}	0,0000
Trat x A	0,1309 ^{ns}	0,0000	0,0000	0,0052

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e Teste F ($P < 0,01$) para ano

Também avaliando a produtividade de massa seca do sorgo forrageiro, Silva et al. (1990), constataram valores de 7,0 a 7,5 t ha⁻¹ no momento da rebrota, representando 51,8 a 51,7% da produtividade obtida no primeiro corte. Contudo, deve-se destacar que os trabalhos citados se referem ao sorgo em cultivo solteiro, enquanto que no presente trabalho as plantas em consórcios podem interferir na produtividade do sorgo por efeito de competição, em época com menor precipitação pluvial.

Na análise de desdobramento da interação entre os tratamentos *versus* anos para a PMSGF e PMST (Tabela 29), destaca-se que para a PMST houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tratamentos no segundo ano de avaliação, com o consórcio do sorgo com o capim-marandu e o sorgo com o capim-mombaça apresentando, respectivamente, a maior (6,1 t ha⁻¹) e a menor (1,1 t ha⁻¹) produção.

Tabela 29– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para produção de massa seca das gramíneas forrageiras (PMVGF), guandu-anão (PMVG) e massa total (PMVT) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	PMSGF (t ha ⁻¹)		PMST (t ha ⁻¹)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	1,8 bA	1,0 aA	8,6 aA	4,6 abB
Sorgo/Marandu	1,9 bA	1,3 aA	6,1 aA	6,1 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	8,2 aA	1,3 aB	8,3 aA	1,3 bB
Sorgo/Mombaça	8,0 aA	1,0 aB	8,0 aA	1,1 bB
Sorgo/guandu	-	-	5,5 aA	2,8 abB
Sorgo solteiro	-	-	6,1 aA	3,9 abA
DMS linha	1,6		2,6	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Na Tabela 30 são apresentados os valores médios de porcentagem de colmo, folhas e panícula do sorgo nos tratamentos avaliados no momento da rebrota, onde não foi observada diferença significativa entre as partes integrantes da planta de sorgo entre os tratamentos e anos de cultivo.

Na avaliação entre os anos, observa-se que no primeiro ano de cultivo, os percentuais de colmo (62,0%) e folhas (26,0%) foram superiores aos obtidos no segundo ano. Avaliando quatro híbridos de sorgo no corte do ano e corte da rebrota, Botelho et al. (2011) determinaram para o cultivar Volumax porcentagens de colmo, folhas e panículas, no momento da rebrota, de 69,6; 17,5 e 15,9%, respectivamente.

Tabela 30– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para participação das frações colmo, folha e panícula da planta de sorgo em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão, com base na massa verde, em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	Colmo	Folhas	Panícula
		%	
Sorgo/Marandu/guandu	60,2	26,7	12,9
Sorgo/Marandu	61,0	26,0	13,0
Sorgo/Mombaça/guandu	-	-	-
Sorgo/Mombaça	-	-	-
Sorgo/guandu	57,7	28,1	14,1
Sorgo solteiro	59,6	27,9	12,5
CV (%)	11,4	17,5	33,0
		Ano (A)	
1	62,0	26,0	11,9
2	57,2	28,4	14,3
		ANAVA (P-valor)	
Trat	0,5959 ^{ns}	0,8024 ^{ns}	0,8665 ^{ns}
A	0,0695 ^{ns}	0,1737 ^{ns}	0,1486 ^{ns}
Trat x A	0,3842 ^{ns}	0,0763 ^{ns}	0,1011 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

4.2.3 Qualidade bromatológica e acúmulo de macronutrientes das silagens da rebrota de sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão

4.2.3.1 Qualidade bromatológica da silagem

Os dados relativos aos teores de MS, PB, EE da silagem da rebrota do sorgo, capins e/ou guandu-anão, em ambos os anos de cultivo constam na Tabela 31. Com relação à MS, houve diferença entre os consórcios avaliados, sendo que o sorgo com as gramíneas forrageiras e guandu-anão apresentaram menores teores ($P < 0,05$) quando comparado com o sorgo e guandu-anão e sorgo solteiro. Demonstrando novamente o efeito da competição dos capins em consórcio que reduziram a produtividade do sorgo e contribuíram, pela maior quantidade de folhas (corte a 0,30 m), na redução do teor de MS da massa ensilada.

Os valores de matéria seca encontrados neste trabalho foram próximos aos obtidos por Neumann et al. (2004) (32,4%) e Pesce, Gonçalves e Rodrigues (2000) (26,7%) para o genótipo AG2005E; e por Ribeiro et al. (2007) (31,9%) e Von Pinho et al. (2007) (21,0%) para o sorgo cv. Volumax.

Tabela 31– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento	MS (%)	PB	EE
Sorgo/Marandu/guandu	28,3 b	6,6 abc	1,9 a
Sorgo/Marandu	27,7 b	7,2 ab	1,7 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	27,5 b	7,4 a	1,4 b
Sorgo/Mombaça	28,3 b	6,3 abc	1,9 a
Sorgo/guandu	31,7 a	5,3 c	1,6 ab
Sorgo solteiro	31,9 a	5,5 bc	1,6 ab
CV (%)	4,3	26,4	14,6
Ano (A)			
1	28,1 b	6,5	1,7
2	30,4 a	6,2	1,7
ANOVA (P-valor)			
Trat	0,0001	0,0050	0,0015
Ano	0,0000	0,5611 ^{ns}	0,6083 ^{ns}
Trat X Ano	0,0000	0,5181 ^{ns}	0,0004

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Quanto aos valores de PB (Tabela 31), os resultados foram diferentes entre os sistemas, com maior valor de PB da silagem de sorgo com capim-mombaça e guandu-anão (7,4%). Na avaliação da média de PB dos consórcios nos anos de cultivo não foram observadas diferenças significativas. Os valores obtidos neste experimento estão próximos aos encontrados por Neumann et al. (2004) (6,2%), Neumann et al. (2002) (6,7%) e Chiesa et al. (2008) (5,9%), e inferiores aos avaliados por Von Pinho et al. (2006) (9,2%), Pesce, Gonçalves e Rodrigues (2000) (8,0%) e Von Pinho et al. (2007) (8,2%) ao trabalharem com sorgo de duplo propósito. Para o genótipo Volumax, Ribeiro et al. (2007) verificaram valores

de PB de 6,07%, enquanto que Gomes et al. (2006) de 6,42% e Von Pinho et al. (2007) de 7,1%, valores estes semelhantes ao desta pesquisa.

Gaggiotti et al. (1992) afirmam que os teores de PB da silagem de sorgo dependem da associação de diversos fatores, dentre eles, do comportamento agrônomico do genótipo, estágio de maturação e condições edafoclimáticas da área de cultivo. Chieza et al. (2008), quando trabalharam com híbridos de sorgo em cultivo solteiro, obtiveram 3,9% de EE no híbrido AG 2005E, enquanto no presente estudo foi obtido teor médio de 1,7% na MS, pois a participação do sorgo na massa ensilada foi menor.

Pelos resultados de desdobramento da interação entre os tratamentos *versus* anos apresentados na Tabela 32, verifica-se que os valores encontrados para as silagens no primeiro e segundo ano as silagens diferiram significativamente ($P < 0,05$), tanto para o teor de MS quanto para EE. Sendo os maiores valores de MS para as silagens de sorgo com guandu- anão e de sorgo solteiro, devido provavelmente a não presença de gramíneas forrageiras.

Tabela 32– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para os teores de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	MS (%)		EE (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	27,9 bA	28,7 bA	1,7 bcA	2,0 aA
Sorgo/Marandu	25,1 bcB	30,0 abA	1,6 bcA	1,9 abA
Sorgo/Mombaça/guandu	23,67 cB	31,3 abA	1,3 cA	1,5 bA
Sorgo/Mombaça	24,0 cB	32,7 aA	1,9 aA	1,4 bB
Sorgo/guandu	33,5 aA	30,0 abB	2,3 abA	1,6 abB
Sorgo solteiro	33,8 aA	30,0 abB	1,3 cB	1,9 abA
DMS linha	1,9		0,4	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey ($P < 0,05$) e F ($P < 0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Na Tabela 33 são apresentados os resultados os teores de cinzas, carboidrato total e carboidrato não-estrutural contidos nas silagens. Verifica-se que os tores de cinzas variaram na média de 5,1 a 9,2% entre as silagens. Entretanto, quando se observa na análise de desdobramento da interação entre os Tratamentox Anos (Tabela 34), no primeiro e segundo anos a silagem de sorgo solteiro e sorgo com capim-mombaça apresentaram os menores e maiores teores de cinzas, respectivamente, e em ambos os anos.

Tabela 33– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores decinzas (CZ), carboidrato total (CT) e carboidrato não estrutural (CNE) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento	CZ	CT	CNE
Sorgo/Marandu/guandu	6,8 b	84,8 b	19,3 b
Sorgo/Marandu	6,5 b	84,6 b	18,4 b
Sorgo/Mombaça/guandu	8,7 a	82,5 c	13,8 c
Sorgo/Mombaça	9,2 a	82,7 c	13,1 c
Sorgo/guandu	5,6 c	87,2 a	19,0 b
Sorgo solteiro	5,1 c	87,8 a	21,6 a
CV (%)	7,4	2,1	11,2
Ano (A)			
1	6,2 b	85,6 a	12,7 b
2	7,7 a	84,3 b	22,4 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0000	0,0000	0,0000
Ano	0,0000	0,0234	0,0000
Trat X Ano	0,0005	0,0863 ^{ns}	0,0123

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Há dois tipos de carboidratos nas plantas que são encontrados no conteúdo celular e na parede celular, os estruturais e os não estruturais. Os carboidratos estruturais encontrados na parede celular são a celulose, hemicelulose e lignina, e os carboidratos não estruturais que são encontrados no conteúdo celular são principalmente o amido e açúcares solúveis em água. Os açúcares solúveis são de vital importância na preservação da forragem ensilada. Quando a planta ou parte dela tem alto conteúdo de parede celular, especialmente lignina, como no caso do colmo, a digestibilidade é baixa e o desempenho animal é reduzido (MORAES et al., 2013).

Os teores de CT e CNE da silagem no momento da rebrota variam entre 82,5 a 87,8% e 13,1 a 21,6%, respectivamente para cada atributo, entre os tratamentos avaliados (Tabela 33). Na Tabela 34 constata-se que os consórcios do sorgo com capim-mombaça e guandu-anão (13,8%) e sorgo com capim-mombaça (13,1%) apresentaram os menores teores de CNE,

provavelmente pela não participação do sorgo, pois na fração colmo desta cultura é onde se concentra os maiores teores destes carboidratos.

Tabela 34– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de cinzas (CZ) e carboidrato não-estrutural (CNE) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	CZ (%)		CNE (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	6,7 bcA	6,9 bA	12,0 bcdB	26,7 aA
Sorgo/Marandu	6,2 cA	6,8 bA	13,5 abcB	23,4 aA
Sorgo/Mombaça/guandu	7,8 abB	9,6 aA	10,5 cdB	17,0 bA
Sorgo/Mombaça	8,6 aB	9,7 aA	7,9 dB	18,2 bA
Sorgo/guandu	4,4 dB	6,7 bA	15,2 abB	22,9 aA
Sorgo solteiro	3,7 dB	6,5 bA	16,8 aB	26,4 aA
DMS linha	0,8		2,9	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey ($P < 0,05$) e F ($P < 0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo Teste Tukey

Os teores de FDN, FDA, Hem, Cel e Lig na matéria seca, das silagens produzidas a partir da rebrota de sorgo e seus consórcios constam na Tabela 35. O sorgo com o capim- mombaça apresentou a maior porcentagem de FDN (69,8%) em relação aos demais tratamentos. Para o teor de FDA houve diferenças significativas apenas entre o consórcio do sorgo com capim- mombaça e guandu-anão, com capim-mombaça, com guandu-anão e o sorgo em monocultivo, com valores de 45,1; 45,7; 42,8 e 40,7%, respectivamente.

As frações FDN e FDA quando em níveis elevados, como no presente experimento, comprometem o consumo e o aproveitamento da forragem. A fração FDN tem relação negativa com o consumo, visto que é um fator físico que limita a ingestão de matéria seca, enquanto que as frações FDA e lignina possuem relação negativa com a digestibilidade aparente do material e com a ingestão (LUPATINI et al., 2004). Segundo Vasconcelos et al. (2005), quanto menor o valor de FDA, maior o valor energético do alimento.

Skoniesk et al. (2010) trabalhando com híbridos de sorgo para produção de silagem, encontraram teor médio de FDN de 55,5%, valor este inferior aos obtidos neste trabalho, o qual apresentou valores médios de 67,5% na MS. Por sua vez, Rezende et al. (2011) encontraram médias de FDN de 60% para silagem de milho, 61,8% para o sorgo-sudão e 56,9% para o sorgo forrageiro solteiro, enquanto que para FDA obtiveram 39,2; 46,2 e 41,1%,

respectivamente. Assim, pode-se inferir que plantas submetidas à competição em consórcio, e em época de limitação hídrica (Figuras 2, 3 e 4) podem aumentar seus teores de fibra, como estratégia de competição sob estresse.

Pariz et al. (2011) avaliaram a composição bromatológica dos capins Tanzânia e Mombaça irrigados e adubados com nitrogênio após o consórcio com milho em cortes a cada 30 dias, e verificaram teor de FDN de 65,5%, na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, valores estes próximos aos obtidos no presente experimento, uma vez que no consórcio do Mombaça com o sorgo, no rebrote quase não havia plantas de sorgo em ambos os anos de cultivo.

Os valores de hemicelulose apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e variaram de 22,8 a 25,5% (Tabela 35). Estes dados estão próximos aos encontrados por Araújo (2006) que avaliou as características produtivas e qualitativas de 25 híbridos de sorgo para produção de silagem e, dentre eles o cv. Volumax.

Segundo McDonald (1981), a hidrólise da hemicelulose acontece por ação de hemicelulases bacterianas e/ou pela hidrólise por ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação. Assim, segundo Silva et al. (1999), a utilização das hemiceluloses durante a fermentação é controlada principalmente pelos teores de carboidratos solúveis disponíveis para a fermentação.

Quanto aos valores de celulose (Tabela 35), verifica-se que a silagem de sorgo solteiro apresentou o menor teor (34,1%), enquanto a silagem de sorgo com capim-mombaça apresentou o maior teor (38,0%), sendo observadas diferenças significativas entre os tipos de silagens. Para Van Soest (1994) a celulose praticamente não se modifica durante a ensilagem, a não ser quando há extensa fermentação por fungos e leveduras durante a ensilagem, o que parece não ter ocorrido neste experimento.

Com relação aos valores da porcentagem de lignina nas silagens de sorgo em seus consórcios no momento da rebrota (Tabela 35), verifica-se que ambas as silagens de sorgo com capim-marandu e guandu-anão e sorgo solteiro apresentaram teores de 6,1%, enquanto a silagem de sorgo com capim-marandu foi a que apresentou a menor porcentagem de lignina (4,8%).

Tabela 35– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para os teores defibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	FDN	FDA	Hem	Cel	Lig
Sorgo/Marandu/guandu	65,5 b	42,6 bc	22,8 c	34,9 bc	6,1 a
Sorgo/Marandu	66,2 b	41,5 bc	24,7 ab	35,0 bc	4,8 b
Sorgo/Mombaça/guandu	68,8 a	45,1 a	23,6 bc	37,8 a	5,5 ab
Sorgo/Mombaça	69,8 a	45,7 a	24,0 b	38,0 a	5,2 ab
Sorgo/guandu	68,2 a	42,8 b	25,4 a	35,7 b	4,9 b
Sorgo solteiro	66,2 b	40,7 c	25,5 a	34,1 c	6,1 a
CV (%)	2,9	4,0	5,8	3,4	18,6
Ano (A)					
1	72,9 a	49,1 a	23,8 b	40,9 a	6,5 a
2	61,9 b	37,1 b	24,8 a	31,0 b	4,4 b
ANAVA (P>F)					
Trat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0069
A	0,0000	0,0000	0,0272	0,0000	0,0000
Trat X A	0,0403	0,0047	0,0002	0,0085	0,0100

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Segundo Van Soest (1994), a lignina é responsável por reduções nas taxas de digestão dos componentes da parede celular devido ligações principalmente com as hemiceluloses, o que impede o acesso de enzimas ao substrato devido a efeitos tóxicos sobre os microrganismos ruminais.

Na Tabela 35 verifica-se que os teores fibrosos (FDN, FDA, Cel e Lig) comparados entres os anos apresentaram decréscimo no segundo ano de avaliação, mesmo nesse ano com menor precipitação pluvial (Figura 4). Tais dados, corroboram com os obtidos por Paciullo et al. (2001) e Balsalobre et al. (2003) que avaliaram os teores de FDN entre os períodos do ano para gramíneas forrageiras e relataram maiores teores de FDN (tanto no colmo como nas lâminas foliares) no período das águas. Os maiores valores dos constituintes da parede celular no verão reforçam os efeitos, principalmente, das elevadas temperaturas nesta estação sobre a composição da forragem.

Outro fator que pode ter contribuído para os maiores teores fibrosos no primeiro ano (Tabela 35), no período seco do ano (Figura 4), foi o maior acúmulo de lâminas foliares, provavelmente devido as maiores temperaturas médias, que permitiu um maior desenvolvimento da planta que diluiu o efeito da fração do colmo (fração da planta mais lignificada) (Tabela 30) em razão do maior desenvolvimento da planta com lâminas foliares de maiores tamanhos, necessitando de maiores proporções de tecidos de sustentação, que incrementam os teores de FDN (Tabela 35).

Conforme os dados da Tabela 36, houve efeito significativo da interação Tratamentos x Anos para os teores de FDN e FDA entre os tipos de silagens avaliadas no segundo ano e entre os anos. A silagem de sorgo com capim-mombaça apresentou o maior teor de fibras no primeiro ano de avaliação.

Tabela 36– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentox Ano, para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	FDN (%)		FDA (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	72,9 aA	58,0 cB	50,2 abA	35,0 bB
Sorgo/Marandu	70,7 aA	61,7 abcB	45,8 cA	37,2 abB
Sorgo/Mombaça/guandu	73,2 aA	64,4 aB	51,5 abA	38,7 aB
Sorgo/Mombaça	74,4 aA	64,8 aB	53,0 aA	38,4 abB
Sorgo/guandu	73,5 aA	62,8 abB	48,5 bcA	37,0 abB
Sorgo solteiro	72,6 aA	59,7 bcB	45,4 cA	36,0 abB
DMS linha	2,9			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey ($P < 0,05$) e F ($P < 0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Na análise de desdobramento da interação Tratamentox Anos (Tabela 37), para os teores de hemicelulose, celulose e lignina, verifica-se que em todas os atributos houve efeito significativo para as silagens tanto no primeiro quanto no segundo ano de avaliação e entre os anos. De maneira geral verifica-se que a silagem de sorgo com capim-mombaça apresentou aumento de 22,2% no teor de hemicelulose no segundo ano de avaliação e como consequência ocorreu diminuição nos teores de celulose (26,6%) e lignina (51,4%).

Tabela 37– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentosx Ano, para os teores de hemicelulose (Hem), celulose (Cel) e lignina (Lig) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	Hem (%)		Cel (%)		Lig (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/ guandu	22,7 bcA	23,0 bA	41,1 bcA	28,8 bB	7,6 abA	4,6 abB
Sorgo/Marandu	24,9 abA	24,5 abA	29,0 cdA	31,0 abB	5,4 bA	4,2 abA
Sorgo/Mombaça /guandu	21,6 cB	25,6 abA	43,0 abA	32,7 aB	7,1 abA	3,9 bB
Sorgo/Mombaça	21,6 cB	26,4 aA	43,7 aA	32,3 aB	7,0 abA	3,4 bB
Sorgo/guandu	25,0 abA	25,8 abA	40,6 bcA	30,8 abB	6,1 abA	3,8 bB
Sorgo solteiro	27,2 aA	23,7 abB	37,9 dA	30,2 abB	5,9 abA	6,2 aA
DMS linha	2,1		1,8		1,5	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey ($P < 0,05$) e F ($P < 0,01$). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Conforme apresentado na Tabela 38, houve diferença significativa nos valores de pH das silagens com variação de 3,7 a 4,1. Oliveira et al. (2014) avaliaram a composição química da silagem de capim-mombaça associada com diferentes aditivos em quatro tempos de abertura do silo, e determinaram valor de pH na silagem, aos 30 dias de fermentação de 5,1; valor este superior aos encontrados neste experimento para a silagem de sorgo com capim- mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça. Assim, segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) que consideram a faixa normal de pH para silagens de boa qualidade como sendo entre 3,6 a 4,2; as aqui obtidas ficam adequadamente dentro desta faixa.

Tabela 38– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para pH e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento	pH	NDT	DIVMS
Sorgo/Marandu/guandu	3,9 bc	67,1 a	64,1 a
Sorgo/Marandu	4,0 b	69,8 a	66,4 a
Sorgo/Mombaça/guandu	4,1 ab	61,2 bc	59,0 bc
Sorgo/Mombaça	4,2 a	58,7 c	56,9 c
Sorgo/guandu	3,7 d	66,0 ab	63,1 ab
Sorgo solteiro	3,8 cd	67,9 a	64,8 a
CV (%)	2,3	4,8	5,7
Ano (A)			
1	4,1 a	51,1 b	50,4 b
2	3,8 b	79,1 a	74,4 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0000	0,0000	0,0000
A	0,0000	0,0000	0,0000
Trat X A	0,0007	0,4042 ^{ns}	0,4104 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Pelos dados constantes na Tabela 35, as frações fibrosas (FDN, FDA, Cel e Lig) tiveram redução nos teores nas silagens produzidas no segundo ano de cultivo, enquanto que para o teor de hemicelulose houve um incremento. Como consequência destes valores verifica-se aumento nos teores de NDT e DIVMS (Tabela 38) neste segundo ano de cultivo. De acordo com Paiva (1976), silagens com DIVMS variando entre 40,0 e 55,0% podem ser classificadas como sendo de qualidade satisfatória e silagens com 55,0 a 65,0% classificam-se como de boa qualidade, onde se enquadrariam todas as silagens da rebrota quando comparadas apenas nos tratamentos. Entretanto, quando se compara a DIVMS nos anos verifica-se que as silagens produzidas no primeiro e segundo anos classificaram como de qualidade satisfatória e de boa qualidade, respectivamente.

A DIVMS (Tabela 38) para a silagem de sorgo associada ao capim-mombaça e guandu-anão apresentou o menor valor (56,9%). Este baixo teor de DIVMS pode ser atribuído a alta concentração de Cel (37,8%) e de Lig (5,5%) quando comparados aos demais tratamentos

(Tabela 35), pois segundo Fernandes et al. (2009), a parede celular das células vegetais apresenta estrutura complexa, constituída pelas frações de celulose, hemicelulose e lignina. A associação da lignina com as outras duas frações é responsável pela baixa digestibilidade de muitas forragens.

Segundo Jung e Deetz (1993), citado por Botelho (2010) a lignificação da parede celular limita a fermentação microbiana, diminuindo a degradação das forrageiras. Cabral et al. (2003), estimando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem de sorgo, com diferentes proporções de panículas, encontraram valores de DIVMS de 63,3% para a silagem sem panícula e de 65,9% para a silagem com 100% de panículas. Com o aumento da participação da panícula na planta inteira, os teores dos constituintes da fibra são reduzidos e os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca são aumentados. Segundo os autores, para a obtenção de silagens de boa qualidade há necessidade de uma participação mínima de 40% de panícula na planta de sorgo, com isso também ocorrerá uma melhor compactação da massa a ser ensilada. Entretanto, esses valores são comuns apenas em silagens de sorgo granífero, enquanto que no presente trabalho utilizou-se uma cultivar forrageira

O NDT expressa o valor calórico dos alimentos, em razão dos nutrientes contidos e dos aproveitados pelo animal. Neste sentido, os valores de NDT (Tabela 38) variaram entre 58,7% para a silagem de sorgo com capim-mombaça e 69,8% para a silagem de sorgo com capim-marandu. Souza et al. (2003) avaliaram os consumos e as digestibilidades aparentes dos nutrientes de silagens de sorgo dos híbridos AG2006, AGX215, Volumax, AGX202 e AG2002, cujos teores médios de nutrientes digestíveis totais variaram de 46,9 (AGX 215) a 57,8% (AGX 213). Valadares Filho, Rocha e Capelle (2001) obtiveram valor médio de nutrientes digestíveis totais para silagem de sorgo de 53,5%, valor este inferior aos encontrados neste experimento.

A silagem de sorgo consorciado com capim-marandu, quando comparado com os demais, apresentou os menores teores de NIDN (18,4%) e NIDA (10,5%) (Tabela 39), expresso em porcentagem de nitrogênio total (NIDN/%NTotal e NIDA/%NTotal). Em contrapartida, as silagens da rebrota de sorgo com capim-mombaça e sorgo com guandu-anão apresentaram, respectivamente, os maiores valores de NIDN (25,9%) e NIDA (17,8%).

Os valores de NIDN e NIDA encontrados no presente trabalho estão acima dos valores encontrados por Oliveira et. al. (2009), também para silagem de sorgo. Valadares Filho et al. (2006) obtiveram resultados de 13,0% de NIDN/NT para sorgo forrageiro, 11,1% de NIDN/NT para sorgo de duplo propósito e entre 10,1 e 11,1% de NIDN/NT para sorgo granífero, quando avaliaram a composição de silagens de sorgo separadas de acordo com o

nível de participação da panícula na massa total, resultados esses que se encontram bem abaixo aos do presente trabalho, uma vez que aqui avaliou-se a rebota de uma cultivar forrageira (Volumax).

Tabela 39– Valores médios, Teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem de sorgo e seus consórcios em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento	NIDN	NIDA	N-NH ₃
Sorgo/Marandu/guandu	20,1 ab	13,1	6,4 abc
Sorgo/Marandu	18,4 b	10,5	6,6 abc
Sorgo/Mombaça/guandu	20,4 ab	13,6	7,6 ab
Sorgo/Mombaça	25,9 a	11,5	8,1 a
Sorgo/guandu	24,8 ab	17,8	5,5 c
Sorgo solteiro	22,2 ab	14,1	6,0 bc
CV (%)	23,8	37,1	15,9
Ano (A)			
1	24,8 a	15,9 a	5,4 b
2	19,1 b	11,0 b	8,0 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,0270	0,1582 ^{ns}	0,0068
A	0,0015	0,0031	0,0000
Trat X A	0,3460 ^{ns}	0,1022 ^{ns}	0,0177

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e Teste F (P<0,01) para ano

Segundo Santos (2006), o NIDN corresponde à fração nitrogenada ligada à parede celular, porém potencialmente degradável. Enquanto que o teor de NIDA corresponde à fração nitrogenada indigestível, que está ligada a lignina, taninos e as proteínas danificadas pelo calor.

Os teores de N-NH₃ (Tabela 39) expresso em %NTotal encontrados nas silagens no momento da abertura dos silos variaram de 5,5 a 8,1%, indicando que não houve acentuada proteólise, entretanto, não comprometendo a qualidade da silagem (CARVALHO, 2010). Os valores de nitrogênio amoniacal obtidos para as silagens de sorgo consorciado aos capins

Marandu, Mombaça e/ou a leguminosa guandu-anão no final do período de fermentação podem ser considerados baixos, demonstrando uma baixa redução nos níveis de proteína verdadeira ao longo da fermentação.

De acordo com Henderson (1993), para que uma silagem seja considerada de boa qualidade, os níveis de $N-NH_3/\%NT_{Total}$ devem variar, no máximo, de 8 a 11%. Para Gonçalves, Borges e Ferreira (2009), o teor máximo de $N-NH_3$ em silagens de sorgo deve ser de 7,8%. Contudo, segundo a classificação proposta pelo AFRC (1987) (Tabela 1), as silagens de sorgo solteiro ou em consórcio com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão estudadas seriam consideradas como de muito boa qualidade.

Na avaliação dos componentes bromatológicos (pH, NDT, DIVMS, NIDN, NIDA e $N-NH_3$) presentes nas Tabelas 38 e 39 quando comparados entre os anos, verifica-se uma melhoria da qualidade das silagens produzidas no segundo ano, pois houve acréscimo nos teores de NDT e DIVMS, e conseqüentemente uma diminuição nos teores de pH, NIDN e NIDA, mesmo com o $N-NH_3$ tendo um aumento no seu teor, entretanto, não superior aos limites recomendados na literatura (AFRC, 1987; HENDERSON, 1993).

Observando os valores do desdobramento da interação Tratamentos x Anos (Tabela 40), no primeiro e segundo ano para os valores de pH verifica-se que nenhuma silagem foi considerada ruim conforme a Tabela 1. Seguindo os mesmos autores descritos na Tabela 1, todas as silagens foram consideradas como muito boas na avaliação dos teores de nitrogênio amoniacal.

Os teores minerais (P, K, Ca, Mg e S) apresentaram diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 41), com destaque para o consórcio do sorgo com o capim-marandu e destes com o guandu-anão. Dentre os nutrientes, o mais abundante nas silagens foi o K (Tabela 41). Pesquisas apontam que há grande exportação de K do solo pelo processo da ensilagem, pela total remoção das plantas que apresentam alta concentração do nutriente em seu tecido vegetal. Os teores médios de K nas silagens ficaram dentro da faixa de suficiência para atender as exigências de bovinos de corte em fase de lactação (NRC, 2000).

A silagem de sorgo com capim-marandu apresentou o maior teor de P (0,24%), quando comparado aos demais tratamentos. Skonieski et al. (2010) avaliaram a qualidade nutricional das silagens de cinco híbridos de sorgo forrageiro, com teores médios de P de 0,16%, de K com 1,01%, Ca de 0,38%, e Mg de 0,32%, valores estes abaixo dos obtidos neste trabalho, mesmo em rebrota das plantas em consórcio.

Tabela 40– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	pH		N-NH ₃ (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	4,2 abA	3,8 bB	6,2 abA	6,6 bA
Sorgo/Marandu	4,3 aA	3,8 bB	5,9 abA	7,4 bA
Sorgo/Mombaça/guandu	4,0 bcA	4,1 aA	5,3 abB	9,8 aA
Sorgo/Mombaça	4,3 aA	4,0 aB	6,5 aB	9,8 aA
Sorgo/guandu	3,9 cA	3,7 bB	3,9 bB	7,2 bA
Sorgo solteiro	3,9 cA	3,7 bB	4,8 abB	7,2 bA
DMS linha	0,1		0,5	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Os maiores acúmulos de Ca e Mg nas silagens foram de 0,62% e 0,50%, ambos na silagem do sorgo com capim-mombaça, contudo na rebrota deste consórcio predominava praticamente, o capim, portanto com maior quantidade de folhas e maiores teores nutricionais. Enquanto que o S foi encontrado em maior concentração (0,15%) na silagem do sorgo com capim-mombaça e guandu-anão, neste caso não só com a participação do capim, mas também do guandu e, portanto, com maior teor de aminoácidos (proteína) com S na sua constituição.

Em relação ao acúmulo de Ca nas silagens, os consórcios do sorgo com capim- mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça diferiram significativamente das demais (Tabela 41), novamente pelo efeito de maior quantidade de folhas do capim no material ensilado. Ressalta-se também que o mesmo padrão estatístico foi observado na avaliação do teor de Mg para todas as silagens.

Em experimento com acúmulo de massa seca e nutrientes em oito plantas de cobertura (feijão caupi, crotalária, mucuna preta, milheto, mucuna verde, feijão de porco, mucuna cinza, sorgo forrageiro e parcela em pousio), Padovan et al. (2008) concluíram que o sorgo forrageiro apresentou o melhor desempenho em relação às demais plantas de cobertura, diferindo significativamente quanto ao acúmulo de K, na parte aérea das plantas. Dados estes que corroboram com os resultados observados neste experimento, principalmente em função da retirada da planta inteira do sorgo forrageiro para a produção de silagem, sendo que em ordem decrescente o acúmulo médio de macronutrientes nas silagens das rebrotas foi K>Ca>Mg>P>S.

Pelos dados da Tabela 41, verifica-se que a única silagem que não apresentou teor de K acima de 1% foi a de sorgo solteiro, evidenciando-se assim, a importância de uma correta adubação de base desse elemento quando se trabalha com culturas para o processo de ensilagem, até porque a produtividade de matéria seca da rebrota foi muito baixa.

Tabela 41– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores demacronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) na silagem de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	P	K	Ca	Mg	S
Sorgo/Marandu/guandu	0,22 b	1,52 a	0,35 b	0,36 b	0,11 b
Sorgo/Marandu	0,24 a	1,43 ab	0,31 b	0,33 b	0,12 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	0,21 b	1,14 bc	0,60 a	0,48 a	0,15 a
Sorgo/Mombaça	0,21 b	1,10 bc	0,62 a	0,50 a	0,14 ab
Sorgo/guandu	0,21 b	1,04 c	0,37 b	0,32 b	0,13 ab
Sorgo solteiro	0,19 b	0,95 c	0,33 b	0,34 b	0,12 ab
CV (%)	11,6	15,8	14,1	11,2	16,1
	Ano (A)				
1	0,19 b	1,02 b	0,43	0,38	0,13
2	0,24 a	1,37 a	0,43	0,40	0,13
	ANAVA (P-valor)				
Trat	0,0011	0,0008	0,0000	0,0000	0,0269
A	0,0000	0,0000	0,7256 ^{ns}	0,1149 ^{ns}	0,8366 ^{ns}
Trat X A	0,0875 ^{ns}	0,0527 ^{ns}	0,0987 ^{ns}	0,0254	0,0022

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Na comparação entre os teores de macronutrientes nos anos verifica-se que no segundo ano de avaliação da rebrota houve uma maior concentração em relação ao primeiro. Observa-se também que em ambos os anos os teores de macronutrientes acumulados pelas silagens foram em ordem decrescente de K>Ca>Mg>P>S. Mello, Nörnberg e Rocha (2004) conduziram um experimento com o objetivo de avaliar o potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem, sendo relatados valores médios de 0,15; 1,13; 0,14 e 0,25% de P, K, Ca e Mg, respectivamente, na silagem de sorgo. Valores estes

abaixo dos encontrados, na média entre os anos avaliados neste ensaio para todos os macronutrientes.

As silagens de sorgo solteiro (0,29%) e sorgo com guandu-anão (0,30%) apresentaram os menores teores de Mg, respectivamente, no primeiro e segundo ano na análise do desdobramento da interação Tratamentos x Anos (Tabela 42).

Tabela 42– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamento x Ano, para os teores de magnésio (Mg) e enxofre (S) das silagens de sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamentos	Mg (% MS)		S (% MS)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	0,33 bA	0,39 bcdA	0,10 bB	0,13 abA
Sorgo/Marandu	0,32 bA	0,34 cdA	0,10 bB	0,13 abA
Sorgo/Mombaça/guandu	0,49 aA	0,47 abA	0,16 aA	0,14 abA
Sorgo/Mombaça	0,51 aA	0,50 aA	0,12 abB	0,16 aA
Sorgo/guandu	0,34 bA	0,30 dA	0,15 aA	0,11 bB
Sorgo solteiro	0,29 bB	0,40 bcA	0,14 abA	0,11 bB
DMS linha	0,7		0,3	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

Na Tabela 43 é apresentado um resumo das observações quanto ao efeito das perdas por gases (PG), por efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) da silagem da rebrotado consórcio de sorgo com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão. O consórcio do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão (4,8%) e sorgo com capim-mombaça (6,8%) foram as silagens com menores perdas por gases em comparação aos demais tratamentos. Os valores se encontram dentro da faixa normal de 2,4 a 8,5 % na MS, registrados na literatura nacional em artigo de revisão feito por (ZOPOLLATTO; DANIEL; NUSSIO, 2009).

Segundo Souza et al. (2003), as perdas na qualidade nutricional da silagem estão associadas à presença de efluentes dentro do silo, que é indesejável, devendo ser evitado para não prejudicar o processo fermentativo. A matéria seca da massa ensilada tem modificações, fazendo com que ocorra alterações no curso dos processos fermentativos durante a ensilagem, e com isso favorecendo o crescimento de bactérias clostrídicas, aumentando a proteólise e modificando o perfil fermentativo de ácidos orgânicos.

Bernardes et al. (2008) encontraram perdas por efluente de 68,5 kg t⁻¹ em silagem de capim-marandu com 17,8% de MS, enquanto Pereira et al. (2006) observaram perdas de 35,3 kg t⁻¹ em silagem de capim-mombaça com 21,2% de MS. Outro fator com influência na produção de efluente é a pressão aplicada para compactação (LOURES et al., 2003). Estes valores estão acima dos obtidos neste experimento, onde houve uma variação na PE de 3,5 a 6,2 kg t⁻¹, entretanto, no momento da ensilagem os tratamentos apresentavam teores de MS entre 28,5 a 30,0%, com uma pressão de compactação para que se obtivesse uma massa de aproximadamente 600 kg m³.

Tabela 43– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para as perdas por gases (PG), efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) no processo da ensilagem do sorgo e seus consórcios em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento da rebrota. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PG (%MS)	PE (kg t ⁻¹ MV)	RMS (%)
Sorgo/Marandu/guandu	7,7	5,1 ab	92,3
Sorgo/Marandu	9,3	4,3 bc	90,8
Sorgo/Mombaça/guandu	4,8	3,7 bc	95,1
Sorgo/Mombaça	6,8	6,2 a	93,2
Sorgo/guandu	7,5	4,3 bc	92,5
Sorgo solteiro	9,2	3,5 c	90,8
CV (%)	60,7	16,2	5,0
Ano (A)			
1	10,0 a	6,5 a	90,0 b
2	5,1 b	2,6 b	94,9 a
ANAVA (P-valor)			
Trat	0,4241 ^{ns}	0,0005	0,4218 ^{ns}
A	0,0018	0,0000	0,0017
Trat X A	0,1147 ^{ns}	0,0001	0,1132 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Oliveira et al. (2010) observaram menores perdas de MS por gases e por efluentes na silagem de milho em relação às silagens de sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. As menores perdas em silagem de milho podem ser atribuídas ao teor adequado de MS e de carboidratos solúveis e ao baixo poder tampão, permitindo rápida e adequada fermentação láctica, declínio do pH e conservação da silagem (MUCK, 1988).

Em relação aos resultados de produção de gases, produção de efluentes e recuperação da matéria seca na comparação entre os anos, conclui-se que no segundo de ano de avaliação ocorreu um melhor padrão de fermentação no processo de ensilagem, pois houve uma redução nos valores de PG, PE e acréscimo na RMS. Essa melhoria deveu-se, provavelmente, ao teor de matéria seca do rebrote dos consórcios no momento da ensilagem que foram de 28,5 e 30,0% no primeiro e segundo ano, respectivamente (Tabela 43).

Apesar de na média dos resultados de cada ano entrarem os valores obtidos com o padrão fermentativo da silagem de sorgo com capim-mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça, que continham alta quantidade desta gramínea e alta umidade, não houve influência na qualidade da fermentação da silagem. Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), silagens elaboradas a partir de forrageiras com baixo teor de matéria seca podem propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que produzem ácido butírico, levando a degradação de proteína e ácido láctico.

Portanto, a redução da umidade a partir de técnicas como pré-emurchecimento e inclusão de aditivos absorventes é necessária para a ensilagem de gramíneas forrageiras com alto teor de umidade. Necessidade esta que não seria necessária para as silagens aqui produzidas.

4.3 PRODUÇÃO E QUALIDADE DO CAPIM-MARANDU E CAPIM-MOMBAÇA MANEJADAS APÓS O CONSÓRCIO COMO SORGO E/OU GUANDU-ANÃO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

4.3.1 Produtividade e qualidade do capim-marandu e capim-mombaça após o consórcio com o sorgo e/ou guandu-anão.

Na Tabela 44 constam as médias de produtividade de massa seca do capim-marandu e capim-mombaça, em três cortes, após os consórcios com sorgo forrageiro e/ou guandu-anão, nos dois anos agrícolas (2013/2014 e 2014/2015). Verifica-se que não houve efeito dos consórcios nas três épocas. De maneira geral houve baixa produção de matéria seca, provavelmente devido as baixas precipitações nos meses de junho, julho e agosto (Figura 5) e também a baixa fertilidade do solo na área experimental (Tabelas 48 e 49), portanto o capim teve seu desenvolvimento reduzido.

Entretanto, quando se avalia a produção de massa seca total (Tabela 44) observa-se que houve diferença significativa entre as forrageiras quando consorciadas com o sorgo e guandu-anão, sendo a maior produção total para o capim-marandu (2.278 kg ha⁻¹), contra 1.597 kg ha⁻¹ produzido pelo capim-mombaça.

Apesar da produção de massa seca do capim-mombaça para a produção de silagem ter sido elevada, tanto no primeiro corte quanto na rebrota, esta produção não se manteve no período pós-consórcio (inverno-primavera), pois apesar do capim-mombaça ser considerado uma das gramíneas forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas, podendo atingir produção de massa seca anual em torno de 33 t ha⁻¹ (JANK, 1995), em situações de baixa fertilidade a produção é reduzida, caracterizando-a como uma gramínea exigente em fertilidade do solo (SILVA, 1995).

Como o objetivo principal foi a produção de silagem, pela alta exportação de massa vegetal e de nutrientes do solo, houve decréscimo da qualidade química do solo da área, que atrelado a baixa disponibilidade hídrica e baixas temperaturas do período de avaliação (Figuras 3 e 4) reduziram o crescimento e a produtividade das gramíneas forrageiras. Segundo Skerman e Riveros (1992), a temperatura ótima para o crescimento de *M. maximum* está entre 19,1°C e 22,9°C.

Na produtividade de massa seca aos 30, 60 e 90 dias após o corte dos rebrotes para ensilagem, e na somatória total dos 3 cortes dos capins Marandu e Mombaça (Tabela 44), quando avaliados entre anos verifica-se que houve acentuada diminuição desta produção no segundo ano, chegando a 56,4% com base na MST, quando comparada ao primeiro ano de cultivo pós consórcio, fato este explicado pela alta exportação de 4 ciclos de corte para produção de silagem e pela maior limitação hídrica neste segundo ano de avaliação (Figura 2).

Essas condições resultaram em baixa taxa fotossintética pelas gramíneas forrageiras, culminando em baixo potencial de rebrotação. Em decorrência do maior número de perfilhos que restaram após o período de colheita, o capim-marandu apresentou ligeira maior taxa de rebrote quando comparado ao capim-mombaça. Segundo Portes, Carvalho e Kluthcouski (2003), com o decorrer do ciclo de desenvolvimento da cultura, os colmos promovem realocação de fotoassimilados para formação de novos perfilhos e folhas, facilitando a rebrotação com maior vigor, culminando em maior acúmulo de matéria seca.

Tabela 44– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para produção de massa seca do capim-marandu e capim-mombaça aos 30 (PMS30), 60 (PMS60), 90 (PMS90) dias e massa seca total (MST) no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamento (Trat)	PMS30	PMS60	PMS90	MST
Sorgo/Marandu/guandu	838,7	614,0	825,5	2.278 a
Sorgo/Marandu	567,5	555,0	662,7	1.785 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	621,2	532,7	443,1	1.597 b
Sorgo/Mombaça	622,0	567,2	615,5	1.805 ab
CV (%)	43,9	33,33	22,0	21,2
Ano (A)				
1	818,1 a	877,6 a	903,1 a	2.599 a
2	506,6 b	256,9 b	370,3 b	1.133 b
ANOVA (P-valor)				
Trat	0,2499 ^{ns}	0,8502 ^{ns}	0,1034 ^{ns}	0,0179
A	0,0104	0,0000	0,0000	0,0000
Trat X A	0,8914 ^{ns}	0,7900 ^{ns}	0,0119	0,6882 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Crusciol et al. (2011) ao avaliarem o efeito do consórcio do capim-marandu na nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes, em sistema plantio direto, observaram que a produtividade de massa seca da forragem, após a colheita do sorgo, foi superior na segunda época de avaliação (9.523 kg ha⁻¹) em comparação à primeira época (5.694 kg ha⁻¹), independentemente do híbrido utilizado no consórcio. Tais resultados podem ser explicados pelas melhores condições climáticas na segunda época, especialmente pluviosidade, temperaturas e fotoperíodo mais elevados, favoráveis ao desenvolvimento de gramíneas forrageirastropicais (MÜLLER et al., 2002).

Costa (2014) avaliando as características produtivas dos capins Xaraés e Tanzânia, após o consórcio com o sorgo para produção de silagem, respectivamente, obteve produções médias de 3.744 e 2.010 kg ha⁻¹ e 3.172 e 1.845 kg ha⁻¹ durante dois anos consecutivos, entretanto, o referido experimento foi realizado em área irrigada.

A produtividade média das pastagens brasileiras é considerada baixa e bastante aquém do potencial produtivo das espécies de gramíneas forrageiras utilizadas. Tal fato se deve,

principalmente, ao manejo inadequado da pastagem, além das condições de baixa fertilidade de grande parte dos solos do país, principalmente na região de Cerrado (COSTA, 2014).

No entanto, pode-se considerar que o potencial de produção das gramíneas forrageiras tropicais dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* é alto, desde que sejam adotados procedimentos que visem a correção da fertilidade do solo, além de práticas de manejo que busquem melhorar o sistema produtivo, como a adoção do SPD, rotação de culturas, fornecimento de adubação adequada, e mais recentemente a adoção do SIPA.

Segundo Kluthcouski et al. (2000), as culturas graníferas proporcionam um certo sombreamento nas pastagens quando cultivadas em consórcio, fazendo com que nessas gramíneas forrageiras a taxa fotossintética diminua e conseqüentemente a taxa de acúmulo de massa seca. Estes mesmos autores verificaram que a partir da senescência da cultura granífera, o crescimento do capim torna-se rápido, podendo atingir 2.000 kg ha⁻¹ de massa seca com a aplicação de N em cobertura 30 dias após a colheita da cultura anual, resultando também em melhoria na composição bromatológica, desde que as condições climáticas sejam favoráveis.

O desenvolvimento de gramíneas forrageiras tropicais é influenciado por baixas temperaturas. Segundo McWilliam (1978), citado por Costa (2014) a temperatura ideal para o crescimento das gramíneas forrageiras tropicais pode variar de 30°C a 35°C, sendo o crescimento praticamente nulo quando a temperatura se situa entre 10°C a 15°C, provocando assim a estacionalidade na produção de forragem. Cardoso (2001) relatou que temperaturas noturnas abaixo de 15°C não permitem atividade metabólica satisfatória e formação de tecidos da parte aérea de forrageiras tropicais.

Neste sentido, pode-se considerar que a temperatura durante a fase de produção das gramíneas forrageiras após os consórcios ficou abaixo de 15°C (Figura 5), podendo ter contribuído para a baixa produção. Avaliando a produtividade do capim-mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado, Müller et al. (2002) concluíram que no Cerrado, os principais atributos responsáveis pela limitação de sua produtividade são a temperatura mínima do ar (abaixo de 20°C) e a baixa umidade do solo.

Borghini e Crusciol (2007) concluíram que o consórcio simultâneo de milho com capim-marandu em cultivo na linha+entrelinha, no espaçamento de 0,45 m, reduziu a produção de milho, porém, ocasionou maior produção de matéria seca da forrageira em relação às demais modalidades de consórcio avaliadas. No caso em que o consórcio será estabelecido para formação de pastagem e o milho será utilizado para amortizar parte dos custos para

implantação do sistema, esta redução não acaba sendo prejudicial uma vez que, pelos dados obtidos, a diferença entre a menor e a maior produtividade foi de apenas 1.947 kg ha⁻¹.

Crusciol et al. (2009) e Barducci et al. (2009) mencionaram ainda que o estabelecimento e o aproveitamento de nutrientes pelas gramíneas forrageiras provenientes do residual do milho após a colheita de grãos proporciona maior produção e melhor qualidade da forragem nos períodos críticos de déficit hídrico, quando comparadas às pastagens sob algum grau de intensificação de uso. Estes autores obtiveram valores de proteína e de massa seca bastante significativos, tanto para *Urochloa* quanto para *Megathyrus*, em diferentes modalidades de consorciação com o milho. Mesmo em condições adversas ao seu crescimento, essas espécies continuaram a se desenvolver em plena estação seca, o que raramente acontece com as pastagens com mais de dois ciclos, ou seja, na terceira estação seca, como no presente trabalho, com o agravante de alta exportação de nutrientes nos ciclos de ensilagem (2 cortes principais e 2 dos rebrotes), resultando em declínio da fertilidade do solo.

Geralmente, o valor nutritivo das plantas é influenciado por fatores fisiológicos, morfológicos, ambientais e por diferenças entre espécies, sendo que, no caso das plantas forrageiras, o declínio do valor nutritivo associa-se ao aumento da idade e, normalmente é explicado como o resultado da maturidade da planta (SOARES FILHO et al., 2002).

Como toda gramínea tropical, tanto o capim-marandu quanto o capim-mombaça concentram a maior parte de sua produção de massa seca durante o período das águas, principalmente em consequência de fatores climáticos, com maior temperatura e precipitação pluvial (CASTRO; GRAÇA; GONÇALVES, 2007). Por isso, deve-se estabelecer a melhor altura e idade ao corte ou pastejo dessas gramíneas forrageiras, uma vez que esta idade representa o ponto de equilíbrio entre o valor nutritivo e a produção de massa seca.

Na Tabela 45 estão listados os teores médios (3 cortes) de MS, PB, FDN, FDA e Hem dos capins Marandu e Mombaça após o consórcio com sorgo e guandu-anão. Os valores de MS demonstraram pouca variação para as espécies dentro dos consórcios, com o capim-mombaça após consórcio com o sorgo e guandu-anão apresentando o maior teor de MS (31,0%), e o capim-marandu após consórcio com o sorgo e guandu-anão apresentando menor teor (28,1%).

Os teores de PB para o capim-marandu foram superiores quando comparados com o capim-mombaça e próximos aos valores verificados por Benett et al. (2008), que trabalhando com capim-marandu obtiveram valores de 11,6%, enquanto que Chambela Neto et al. (2008) trabalhando com a mesma cultivar constataram valor de 12,7%. Distintos valores de PB

encontrados para a mesma cultivar podem estar relacionados com o tipo de solo, clima ou idade em que foi realizado o corte.

Tabela 45– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (Hem) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamento	MS (%)	PB	FDN	FDA	Hem
Sorgo/Marandu/guandu	28,1 b	14,6 a	64,5 b	35,3	29,1 b
Sorgo/Marandu	29,3 ab	13,9 ab	65,4 ab	34,4	31,0 a
Sorgo/Mombaça/guandu	31,0 a	12,1 b	67,7 a	37,1	30,5 a
Sorgo/Mombaça	30,9 a	13,2 ab	67,1 ab	36,4	30,7 a
CV (%)	3,8	6,8	2,2	5,8	3,6
Ano (A)					
1	26,3 b	15,2 a	68,3 a	36,3	32,0 a
2	33,4 a	11,8 b	64,0 b	35,3	28,7 b
ANAVA (P-valor)					
Trat	0,0019	0,0114	0,0326	0,0897 ^{ns}	0,0038
Ano	0,0000	0,0000	0,0000	0,2074 ^{ns}	0,0000
Trat X Ano	0,2419 ^{ns}	0,0005	0,0614 ^{ns}	0,2275 ^{ns}	0,8189 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Pereira et al. (2008) trabalhando com cultivares de *Urochloa* e dois cortes constataram para o cv. Xaraés valor de 12,8 e 10,7%, para o primeiro e segundo corte, respectivamente. A cv. Basilisk (*U. decumbens*) apresentou valores médios de PB em torno de 10,3%. Santos et al. (2009) obtiveram valor médio de 6,9% para esta cultivar, valor este que os autores consideram satisfatório por ser uma gramínea de 28 dias de rebrota.

Gerdes et al. (2000) afirmaram que a melhor idade de corte do capim-marandu, visando conciliar produção e teor de proteína bruta (PB), situa-se entre 56 e 70 dias, e propuseram também que as gramíneas forrageiras tropicais possuem habilidade natural de acumular mais constituintes de parede celular que as espécies de clima temperado. O capim-mombaça apresentou valor de PB superior a 7%, valor este considerado mínimo para um bom

funcionamento ruminal, segundo Van Soest (1994). Também Freitas et al. (2007), trabalhando com Mombaça verificaram teor médio de PB em torno de 7,7%.

O teor de PB no segundo ano experimental (Tabela 45), com base na média das gramíneas forrageiras, apresentou uma redução de 22,4%. Todavia, mesmo com esta redução do teor de PB, pode-se observar que o valor permaneceu acima dos 7% necessários para que não ocorra uma redução na digestão da forrageira devido aos inadequados teores de nitrogênio para os microrganismos do rúmen, diminuindo sua população e, conseqüentemente, com redução da digestibilidade e da ingestão da massa seca, segundo relatos de (VAN SOEST, 1994).

Os valores de FDN foram diferentes entre os capins marandu e mombaça após o consórcio com o sorgo e guandu-anão (Tabela 45), entretanto todos acima de 60%, uma vez que devido à idade avançada das plantas e as condições climáticas inadequadas (seca e temperaturas baixas) incrementam os componentes de parede celular.

Valores acima de 60%, segundo Van Soest (1994), correlacionam-se de maneira negativa com o consumo. A FDN relaciona-se diretamente ao efeito de enchimento do rúmen e inversamente à concentração energética da dieta de bovinos (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006). Pereira et al. (2008) trabalhando com quatro cultivares de *Urochloa* encontraram também valores de FDN superiores a 60%, resultado semelhante ao obtido por Costa et al. (2005), que avaliando a *U. brizantha*, encontraram no período das águas, teores superiores a 60% de FDN, em cortes de idade acima de 30 dias.

Castro, Graça e Gonçalves (2007) estudaram a cinética de degradação e fermentação ruminal da *Urochloa brizantha* cv. Marandu colhida em diferentes idades de corte (28, 56, 84 e 112 dias), e verificaram teores de PB de 11,6; 8,5; 5,0 e 4,8% e FDN de 51,7; 56,9; 61,2 e 60,6%, respectivamente para as idades de corte citadas.

Também Neres et al. (2012), ao avaliarem as características produtivas, estruturais e nutricionais dos capins Tifton 85, Piatã e do guandu-anão em monocultivo ou em cultivo consorciado, com e sem aplicação de nitrogênio, constataram teores superiores de FDN das forragens em monocultivo, reforçando as contribuições positivas da presença da leguminosa na qualidade da forragem. Para o guandu-anão em monocultivo, os valores de FDN foram inferiores aos das gramíneas forrageiras e dos consórcios, por se tratar de uma espécie de ciclo C₃.

Quanto ao teor de FDA, os valores obtidos para os capins Marandu e Mombaça, não apresentaram diferença significativa após os consórcios, sendo que os valores variaram entre 34,3 a 37,1%. No capim-marandu foram encontrados valores médios de 34,8% (Tabela 45),

teor este semelhante ao obtido por Santos et al. (2009), que trabalhando com cultivares de *Urochloa* submetidas a diferentes níveis de adubações apresentaram teor médio de 34,2%, enquanto que Pereira et al. (2008), observaram teor de FDA em torno de 39,3% para o capim-marandu, e de 39,0% para o capim-xaraés.

Os teores de FDA estão relacionados com a parte da forrageira que é indigestível. É nesta fração que está o constituinte que determina a qualidade da forrageira (celulose e lignina), em se tratando de índice de maturação, pois pela idade avançada dos capins seus teores são incrementados, inclusive em condições adversas de clima (baixa temperatura e limitação hídrica).

Avaliando as características produtivas, estruturais e nutricionais dos capins Tifton 85, Piatã e do guandu-anão em monocultivo ou em consórcio Neres et al. (2012) encontraram teores de hemicelulose inferiores no capim-piatã, tifton em cultivo consorciado e no guandu-anão em monocultivo, porém apresentaram grandes variações entre os cortes (4,4 a 47,0%). Segundo os mesmos autores, em células maduras, as hemiceluloses encontram-se mais associadas à lignina por ligações covalentes, tornando-se indisponíveis à solubilização e reduzindo a digestibilidade da forragem, evidenciando, dessa forma, a importância do momento adequado do corte ou pastejo.

Analisando-se a Tabela 45 constata-se que os teores de hemicelulose variaram entre 29,1 a 31,0%, ocorrendo diferença entre capim-mombaça após o consórcio com o sorgo e guandu-anão e os demais tratamentos. Mesmo com esta variação nos teores de hemicelulose, estes se mantiveram dentro da faixa adequada descrita por Van Soest (1994), que descreve que os teores variam de 20 a 40%.

Os valores de lignina no capim-marandu após consórcio com o sorgo (3,1%) e capim-marandu após consórcio com sorgo e guandu-anão (3,7%), foram respectivamente, o menor e maior teor entre os consórcios avaliados (Tabela 46). A presença de lignina tem efeitos negativos sobre a digestibilidade da forragem produzida, conforme relatado por (BARBERO et al., 2010).

Os teores de FDN, FDA, Hem, Cel e Lig (Tabelas 45 e 46) tiveram uma redução nos seus valores no segundo ano experimental, fato este provavelmente devido à altura de corte, pois as gramíneas forrageiras foram ceifadas a 0,30 m do solo e, por conseguinte, como no segundo ano as mesmas tiveram menor crescimento e produção, foram colhidas maiores quantidades de folhas, com baixa participação relativa de colmos. Assim, o problema decorrente da presença do colmo espesso no pasto foi minimizado.

Tabela 46– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para teores de celulose (Cel), lignina (Lig), cinzas (CZ), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamento	Cel	Lig	CZ	NDT	DIVMS
Sorgo/Marandu/guandu	29,3 b	3,7	8,7 b	76,0 a	71,7 a
Sorgo/Marandu	29,0 b	3,1	9,9 a	73,8 ab	69,8 ab
Sorgo/Mombaça/guandu	31,2 a	3,5	9,9 a	65,0 b	62,3 b
Sorgo/Mombaça	31,2 a	3,3	9,9 a	65,2 ab	62,5 b
CV (%)	3,8	14,0	6,4	8,7	5,7
Ano (A)					
1	31,2 a	3,8 a	9,1 b	61,7 b	59,5 b
2	29,2 b	3,0 b	10,1 a	78,4 a	73,7 a
ANAVA (P-valor)					
Trat	0,0001	0,1038 ^{ns}	0,0000	0,0094	0,0095
Ano	0,0005	0,0004	0,0005	0,0000	0,0000
Trat X Ano	0,0258	0,4899 ^{ns}	0,0035	0,2068 ^{ns}	0,2080 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e Teste F ($P < 0,01$) para ano

Minson (1990) e Van Soest (1994) relataram que as frações das plantas forrageiras possuem valores nutricionais diferentes, sendo que as folhas apresentam maiores teores de PB e menores teores de FDN, FDA e de Lig que os caules ou colmos.

Outro ponto que pode ter contribuído para a redução dos teores fibrosos das gramíneas forrageiras no segundo ano, baseia-se no manejo de corte, haja visto que este fator pode modificar tanto a produção quanto a qualidade do material vegetal. Para Alvim et al. (2000), o manejo das gramíneas forrageiras com cortes frequentes resulta em menor produção de MS, contudo, com maior valor nutritivo do que cortes menos frequentes, que proporcionam maiores produções de matéria seca, mas de menor qualidade. Também o intervalo de corte, em cada estação do ano, é um fator de manejo que contribui para determinar a produção e a qualidade da forragem. Entretanto, este fator no presente experimento estava minimizado, devido ao período de corte das gramíneas forrageiras serem os mesmos em ambos os anos (30 dias).

Em função destas variações, alguns produtores têm optado pelo uso da irrigação como alternativa para o aumento da produtividade (AGUIAR et al., 2004), desde que temperatura e fotoperíodo não sejam limitantes ao crescimento da forrageira. Lupatini e Hernandez (2006) observaram que em experimentos com pastagens de *M.maximum*, irrigados e adubados, os resultados de produtividade destas gramíneas forrageirastiveram aumento médio de 40% em relação à pastagem sem irrigação. Entretanto, mesmo com as pastagens irrigadas pode haver diferenças, mesmo que mínimas na qualidade nutricional ao longo do ano.

Segundo Balsalobre et al. (2003), plantas irrigadas podem apresentar comportamento diferenciado no período de florescimento quando comparadas às plantas em área não irrigada, o que propicia uma variação da qualidade dessas plantas. Os autores enfatizaram que, apesar dessa pouca variação, isso proporciona grandes alterações quando se avalia a relação da proteína degradável com a energia disponível no rúmen.

Para Cappelle et al. (2001), o teor de NDT é indicativo do conteúdo energético dos alimentos e conforme Leonel et al. (2009), são escassos os estudos que avaliaram o efeito do sombreamento sobre esse teor em forrageiras cultivadas em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). No presente estudo verifica-se que o capim-marandu após consórcio com o sorgo e guandu-anão (76,0%) apresentou o maior teor de NDT, em relação aos demais (Tabela 46).

Pariz et al. (2010) avaliando a composição bromatológica de gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* semeadas em diferentes modalidades de consórcio com a cultura do milho, encontraram teor de NDT de 54,5% para o capim-marandu semeado simultaneamente na linha do milho, valor este abaixo dos valores encontrados neste experimento (Tabela 46), contudo em condições irrigadas e em cortes a cada 30 dias.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresenta correlação com o consumo voluntário. Baixa digestibilidade implica em maior tempo de retenção da forragem no rúmen, promovendo limitações de consumo de ordem física. Cerca de 40 a 60% das variações de consumo entre as forrageiras podem ser atribuídas às diferenças na digestibilidade (REIS; RODRIGUES, 1993).

Os valores de DIVMS (Tabela 46) foram, respectivamente de 71,7; 69,8; 62,3 e 62,5% para os capins Marandu após consórcio com sorgo e guandu-anão e apenas o sorgo, e Mombaça após consórcio com sorgo e guandu-anão e apenas o sorgo. O valor médio de DIVMS do capim-mombaça está inferior 11,7% se comparado ao valor médio do capim-marandu após consórcio apenas com o sorgo, e com o sorgo e o guandu-anão. Entretanto, estes valores estão próximos aos encontrados por Machado et al. (1998), que foram de 64,6 e

63,4%, no período chuvoso e 64,8 e 66,9%, no período seco, nos capins Mombaça e Tanzânia, respectivamente.

Na média anual, os níveis de NDT e DIVMS foram significativamente diferentes (Tabela 46) sendo que, os teores de NDT e DIVMS, foram superiores 27,1 e 19,3%, respectivamente, no segundo ano experimental.

Como explicado anteriormente, com a diminuição dos teores fibrosos, houve efeito inverso na qualidade dos capins. Resultados estes interessantes, pois altos teores de fibras podem influenciar o consumo de MS, pois a fibra indigestível pode ocupar o trato digestivo tomando a capacidade do rúmen e, conseqüentemente, reduzindo o espaço ruminal e o consumo de MS. Com esses teores fibrosos reduzidos e com o incremento de NDT e DIVMS no segundo ano, pode-se presumir uma maximização do consumo de MS e conseqüentemente melhor rendimento animal.

Alencar et al. (2013) objetivaram avaliar a composição bromatológica em seis gramíneas forrageiras irrigadas e manejadas por corte, sob efeito de doses nitrogenadas e estações do ano. Sendo verificados que o capim-marandu apresentou média de DIVMS nas doses de N (100, 300, 500 e 700 kg há⁻¹) de 54,9; 61,6; 58,7 e 60,0%, valores estes superiores aos encontrados no capim-mombaça que foram de 50,4; 54,3; 54,4 e 56,6%, respectivamente para as mesmas doses de N. Apesar disso, esses autores relataram que as cultivares de *Megathyrus maximum* possuem DIVMS inferior ao das gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa*, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Também Gerdes et al. (2000) constataram, em geral, que as estações de verão e outono proporcionaram DIVMS em torno de 4,0 e 12,1% maiores quando comparadas com a primavera e inverno, nos capins Marandu e Tanzânia, respectivamente.

Observou-se que na análise de desdobramento da interação entre os tratamentos *versus* anos, só houve interação significativa ($P < 0,05$) para os teores de proteína bruta, celulose e cinzas. Na avaliação das gramíneas forrageiras no segundo ano, observou que houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os teores de PB e Cel.

Tabela 47– Valores médios e teste Tukey para o desdobramento da interação Tratamentosx Anos, para os teores de proteína bruta (PB), celulose (Cel) e cinzas (CZ) do capim-marandu e capim-mombaça (média 3 cortes), no período de inverno/primavera, após a colheita da rebrota dos consórcios com o sorgo e guandu-anão para produção de silagem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamentos	PB (%)		Cel (%)		CZ (%)	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Sorgo/Marandu/guandu	14,9 aA	14,4 aB	31,1 aA	27,6 bB	8,5 bA	9,0 cA
Sorgo/Marandu	15,3 aA	12,5 aB	30,3 aA	27,7 bB	10,1 aA	9,7 bcA
Sorgo/Mombaça/guandu	14,7 aA	9,5 bB	30,9 aA	31,4 aA	9,0 abB	10,8 abA
Sorgo/Mombaça	15,9 aA	10,6 bB	32,3 aA	30,2 aB	8,7 bB	11,0 aA
DMS linha	1,4		1,8		0,9	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelos testes Tukey (P<0,05) e F (P<0,01). DMS: diferença mínima significativa obtida pelo teste Tukey

44 ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS E ACÚMULO DE CARBONO DO SOLO NO SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO

A prática do cultivo consorciado é considerada uma das melhores alternativas para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas tropicais (BORGHI; CECCON; CRUSCIOL, 2013). A diversificação da produção possibilita melhorias do ambiente pelas alterações provocadas nas características químicas, físicas e biológicas do solo ao longo do tempo de adoção do sistema (GARCIA et al, 2008; CALONEGO; BORGHI; CRUSCIOL, 2011).

Para as condições do Bioma Cerrado, pelas altas temperaturas e a baixa precipitação em até 5 meses do ano há dificuldade de acúmulo de cobertura vegetal na superfície do solo com comprometimento do SPD. Sá et al. (2001) mencionaram que para estas condições são necessárias no mínimo 6 t ha⁻¹ de massa seca para que o sistema seja considerado viável. Valores estes abaixo dos citados por Torres e Pereira (2013) que sugerem a necessidade de produzir entre 11 a 12 t ha⁻¹ de resíduos vegetais por ano. Segundo Borghi, Ceccon e Crusciol (2013), a quantidade de resíduos vegetais para o SPD vem sendo atingida em algumas regiões do Bioma Cerrado com a inserção de espécies de gramíneas forrageiras ao sistema produtivo, em virtude da adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e da grande capacidade de acúmulo de massa, tanto da parte aérea quanto de raízes.

Na Tabela 48, estão descritos os valores dos atributos químicos do solo, coletados ao final de cada ciclo produtivo, em cada tratamento, na camada de 0,0 – 0,10 m de

profundidade. Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos em todos os atributos químicos avaliados. Na avaliação entre os anos, verifica-se que só não foram influenciados os valores de pH, e teores de K e S-SO₄, nos demais houve redução da fertilidade do solo na camada superficial do primeiro para o segundo ano agrícola. Fato este normal pela alta exportação de massa vegetal para produção de silagem do corte inicial e do rebrote, mesmo com gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão em consórcio.

Entretanto, os teores médios entre os dois anos, quando comparado à caracterização inicial do solo (Tabela 2) houve manutenção e até incrementos para o Ca, Mg, S-SO₄ e V% entre os consórcios e anos, pelo efeito residual da calagem superficial realizada antes da implantação do experimento. Resultados estes semelhantes aos verificados por Soratto e Crusciol (2008) quando aplicaram calcário em superfície, em sistema plantio direto recém-implantado em região com inverno seco, e observaram que existe efeito sobre a correção da acidez e elevação dos teores de Ca e Mg do solo, principalmente nas camadas superficiais.

Cabe destacar a melhoria da fertilidade do solo proporcionada nas áreas do tratamento sorgo solteiro, mesmo com alta exportação de massa vegetal em relação aos consórcios (Tabela 8) no primeiro corte para silagem, contudo com menor quantidade de massa no rebrote (Tabela 17). Dentre os consórcios, destaca-se na manutenção e/ou melhoria da fertilidade do solo, o sorgo com *U. brizantha* cv. Marandu (Tabela 30).

Costa (2014) trabalhando com o consórcio do milho e sorgo com as gramíneas forrageiras capim-xaraés e capim-tanzânia em consórcio ou sucessão na região de Cerrado, contudo com o sistema sob irrigação e na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade, obteve valores para os atributos químicos do solo tanto abaixo quanto acima dos relatados neste experimento na área de consórcio do sorgo com o capim-xaraés, quando comparado com os valores obtidos na área de cultivo do sorgo com o capim-marandu na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade (Tabela 48) e na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade do solo (Tabela 49).

A grande quantidade de massa produzida interfere na dinâmica de nutrientes, em especial nitrogênio e potássio, ambos estudados em larga escala tanto em SPD como em ILP, pela própria dinâmica destes elementos no ambiente solo-planta nestes sistemas produtivos (BORGUI; CECCON; CRUSCIOL, 2013). Crusciol et al. (2010) ressaltam que, em trabalhos envolvendo o cultivo consorciado de milho com *U. brizantha*, a quantidade de K trocável no solo da área de consórcio foi maior do que a observada na área de cultivo de milho solteiro.

Segundo Borgui, Ceccon e Crusciol (2013), tal resultado pode ser explicado pela grande capacidade de absorção e acúmulo de K das gramíneas forrageiras. A presença da forrageira,

na forma de pastagem, no período de outono a primavera, proporcionou grande reciclagem do nutriente, incrementando os teores nas camadas superficiais mediante a decomposição do material orgânico remanescente na área, após sua dessecação, fato este que seria determinante caso na presente área não houvesse a grande exportação de massa vegetal nos quatro ciclos de produção de silagem.

Os valores dos atributos químicos do solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, estão apresentados na Tabela 49. Na comparação dos valores médios entre os anos, verifica-se que os teores de P e MO foram inferiores em relação à caracterização inicial do solo, principalmente para o sorgo solteiro e em consórcio com o capim-mombaça, enquanto que nos demais consórcios houve manutenção dos valores mesmo após 4 ciclos de produção de silagem, demonstrando que a altura de corte de 0,30 m em relação à superfície do solo e a quantidade de raízes das plantas em consórcio auxiliaram na ciclagem de P e manutenção dos teores de MO.

Para os demais atributos, como na camada de 0,0 a 0,10 m (Tabela 48), o sorgo em cultivo exclusivo proporcionou melhoria da fertilidade do solo quando comparado aos consórcios (Tabela 49).

Após dois anos da calagem em superfície verifica-se melhoria da fertilidade do solo em profundidade (camada de 0,10 a 0,20 m), pois houve incremento significativo dos teores de Mg (de 5,8 para 7,3), valores de V% (de 20,7 para 27,2) e redução dos teores de H+Al (de 54,0 para 40,9) e Al (de 18,5 para 7,4) do primeiro para o segundo ano de cultivo (Tabela 48), independentemente dos sistemas de produção, e da alta exportação de nutrientes nos 4 ciclos de produção de silagem.

Tais resultados são comuns em sistema plantio direto, tanto pelos canais radiculares deixados intactos após decomposição das raízes (OLIVEIRA; PAVAN, 1996), seja pelo efeito de ácidos orgânicos produzidos na decomposição da palhada que auxiliam no processo de arraste de bases trocáveis e mesmo do calcário em profundidade, de planos de fraqueza (AMARAL; ANGUINONI; DESCHAMPS, 2004), ou de galerias de organismos do solo e de macrocanais biológicos (RHEINHEIMER et al., 2000), os quais foram mantidos intactos pelo não revolvimento do solo.

Tabela 48– Valores médios, Teste tukey e P-valor da ANAVA para os atributos químicos do solo na camada de 0,0 – 0,10 m de profundidade, após a colheita das espécies de gramíneas forrageiras em função do consórcio com sorgo e guandu-anão. Selvíria, MS

Tratamento	P _{resina}	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S-SO ₄	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mmolc dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	(%)	
Sorgo/Marandu/guandu	27,8 d	21,6 a	4,6 e	1,7 b	12,3 e	6,9 d	42,4 b	6,9 b	15,2 e	34,6 e
Sorgo/Marandu	34,1 b	20,4 b	5,3 b	1,9 a	22,5 b	17,7 b	31,7 e	1,2 e	13,3 f	57,4 b
Sorgo/Mombaça/guandu	26,1 e	19,8 c	4,7 de	0,9 c	9,6 f	6,4 d	46,4 a	10,1 a	41,4 a	29,6 f
Sorgo/Mombaça	29,3 c	19,9 c	4,9 cd	0,9 c	15,0 d	13,9 c	40,4 c	4,5 c	36,2 b	40,0 d
Sorgo/guandu	40,1 a	20,5 b	5,1 bc	1,0 c	18,0 c	16,4 bc	37,6 d	3,4 d	24,8 d	45,8 c
Sorgo solteiro	20,6 f	22,0 a	5,7 a	1,0 c	34,4 a	31,0 a	31,0 e	1,3 e	26,4 c	67,6 a
CV (%)	1,9	2,2	6,0	8,8	1,3	12,7	0,9	5,7	1,3	1,0
Ano (A)										
1	35,8 a	21,6 a	5,0	1,3	24,5 a	20,2 a	38,9 a	4,8 a	25,6	51,9 a
2	23,5 b	19,8 b	5,1	1,2	12,8 b	10,6 b	37,6 b	4,4 b	26,9	38,7 b
ANAVA (P-valor)										
Trat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ano	0,0000	0,0000	0,1864 ^{ns}	0,1304 ^{ns}	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Trat X Ano	0,2200 ^{ns}	0,0870 ^{ns}	0,0106 ^{ns}	0,8800 ^{ns}	0,132 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,1340 ^{ns}	0,0120 ^{ns}	0,4720 ^{ns}	0,138 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

No entanto, segundo Soratto e Crusciol (2008), devido ao fato do sistema plantio direto ter sido recentemente implantado (3 anos) em área anteriormente cultivada no sistema convencional de preparo do solo, provavelmente a maior parte do efeito da calagem em profundidade pode ser atribuída à movimentação de íons, pois ao avaliarem as alterações dos atributos químicos do solo (pH, H+Al, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S-SO₄²⁻, V% e teores de micronutrientes catiônicos) após a aplicação de calcário e de gesso agrícola na superfície do solo em SPD recém implantado em região de inverno seco, os autores verificaram que o uso do calcário, porém sem gesso agrícola, promoveu a redução da acidez potencial do solo (H+Al) na camada de 0,0 a 0,05 m, aos 3 meses de aplicação, até a camada 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, aos 6 e 12 meses, respectivamente, e apenas até a camada de 0,05 a 0,10 m na amostragem realizada aos 18 meses após a aplicação, de forma proporcionalmente inversa à dose aplicada.

Dados estes que também corroboram aos obtidos por Caires, Banzatto e Fonseca (2000), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, onde verificaram que a ação máxima da calagem sobre a acidez potencial ocorreu aos 28 meses após a aplicação, principalmente nas camadas superficiais.

Os resultados apresentados na presente pesquisa, levando-se em consideração as alterações nos atributos químicos do solo, se devem em parte, tanto pela elevada extração de nutrientes da parte aérea para a produção de silagem nos quatro ciclos de corte, quanto para a produção de forragem para pastejo.

De maneira geral, os solos característicos da região em estudo são naturalmente ácidos, possuem baixa fertilidade natural, baixa reserva mineral e possuem matéria orgânica de baixa atividade. Em contrapartida, a maioria destes solos são profundos e possuem elevada estabilidade de agregados. Sendo assim, a capacidade produtiva desses solos é reduzida, porém o seu potencial é elevado, desde que sejam corrigidas as limitações nutricionais e adotados os manejos adequados que visem além de aumento na produtividade das culturas, melhorias também na qualidade do solo (COSTA et al., 2015a), como aqui pesquisadas, onde foi realizada a prática de calagem e adubação dos sistemas para metas de alta produtividade de matéria seca.

Isto posto, torna-se necessária a adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo e das culturas, tendo em vista principalmente, melhorá-lo química, física e biologicamente, principalmente quanto ao teor de matéria orgânica, criando condições favoráveis ao desenvolvimento agrícola (COSTA et al., 2015a). Assim, uma alternativa a ser estudada seria

deixar o rebrote das plantas aqui testadas pra produção de palhada e não colhê-las pra produção de silagem, melhorando o aporte de nutrientes e MO ao solo.

Tabela 49–Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANOVA para os atributos químicos do solo na camada de 0,10 – 0,20 m de profundidade, após a colheita das espécies das gramíneas forrageiras em função do consórcio com sorgo e guandu-anão. Selvíria, MS

Tratamento	P _{resina}	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S-SO ₄	V
	(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mmol _c dm ⁻³)					(mg dm ⁻³)	(%)
Sorgo/Marandu/guandu	16,3 a	18,6 a	4,4 c	1,2 a	7,1 c	5,2 c	56,4 a	16,9 ab	45,9 c	20,1 c
Sorgo/Marandu	15,9 a	17,8 ab	5,0 a	1,1 a	10, ab	7,7 ab	44,4 c	9,5 c	33,8 e	27,7 b
Sorgo/Mombaça/guandu	12,3 b	18,6 a	4,9 ab	0,7 b	7,3 c	4,7 c	52,9 b	18,6 a	64,2 a	18,4 d
Sorgo/Mombaça	8,8 c	17,6 ab	4,6 bc	0,7 b	7,0 c	5,2 c	56,2 a	15,5 b	66,2 a	15,5 e
Sorgo/guandu	15,2 a	16,9 b	4,9 ab	0,5 c	9,1 b	7,5 b	40,8 d	10,1 c	37,0 d	29,1 b
Sorgo solteiro	8,1 c	15,1 c	5,1 a	0,5 c	10,6 a	9,2 a	34,0 e	7,0 d	51,1 b	32,8 a
CV (%)	4,2	5,0	6,0	11,6	10,8	10,1	5,0	5,2	2,0	5,8
Ano (A)										
1	16,1 a	17,7	5,0 a	0,8	8,4	5,8 b	54,0 a	18,5 a	54,4 b	20,7 b
2	9,4 b	17,2	4,6 b	0,8	8,6	7,3 a	40,9 b	7,4 b	56,4 a	27,2 a
ANOVA (P-valor)										
Trat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ano	0,0000	0,0759 ^{ns}	0,0001	0,4376 ^{ns}	0,5391 ^{ns}	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trat X Ano	0,530 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,062 ^{ns}	0,085 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,2002 ^{ns}	0,1000 ^{ns}	0,2030 ^{ns}	0,1400 ^{ns}	0,320 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e teste F (P<0,01) para ano

Portanto, o SPD é uma excelente alternativa nestes sistemas produtivos, em que diversos autores verificaram que a presença de resíduos vegetais na superfície do solo pode proporcionar aumento nos valores de pH, dos teores de Ca e Mg trocáveis em camadas mais profundas do solo em detrimento ao teor de Al trocáveis, além de aumento nos teores de MO, C orgânico e de P nas camadas mais superficiais do solo (SANTOS et al., 2003; LOURENTE et al., 2010).

Entretanto, a redução na disponibilidade de bases do solo pode estar associada à extração de nutrientes pelas culturas, principalmente em sistemas de rotação com alta exportação (silagem) como os avaliados no presente trabalho e, no caso do SPD (COSTA, 2014). Neste sistema, a ausência de movimentação do solo, além de cultivos subsequentes como da presente pesquisa, utilizando-se sempre de adubações nas culturas, tanto de semeadura quanto em cobertura, fazem com que haja concentração de nutrientes em camadas inferiores a 0,05 m, conforme observado por (SÁ et al., 2001).

Na Tabela 50 constamos valores de macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS) nas camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, onde verifica-se que não houve influência dos consórcios para os valores de macroporosidade em ambas as profundidades. Contudo, destaca-se a melhoria substancial da macroporosidade do solo, quando comparada aos valores iniciais (Tabela 3), demonstrando o efeito dos canais radiculares dos sistemas de produção, mesmo com intenso tráfego de máquinas no corte do material para ensilagem nos 4 ciclos de avaliação.

O consórcio do sorgo com o guandu-anão proporcionou o maior valor de macroporosidade ($0,095 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), sendo estatisticamente iguais aos valores apresentados pelos consórcios do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão, sorgo com capim-marandu, sorgo com capim-mombaça e guandu-anão, sorgo com capim-mombaça e sorgo em monocultivo na camada de solo 0,0 – 0,10 m. Enquanto que na camada de 0,10 – 0,20 m, o cultivo do sorgo solteiro apresentou a maior quantidade de macroporos no solo. Contudo, deve-se destacar que em todas as áreas avaliadas, os volumes de macroporos ficaram aquém do considerado ideal por Taylor e Aschroft (1972), de cerca de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Estes dados indicam possíveis problemas de infiltração de água, circulação de oxigênio e, conseqüentemente, desenvolvimento das raízes das culturas nas camadas desses tratamentos, principalmente nas que apresentaram volume de macroporos menor do que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (XU; NIEBER; GUPTA, 1992).

Para os demais atributos físicos (MI, PT e DS), houve efeito dos consórcios do sorgo com gramíneas forrageiras para MI, em ambas as camadas de solo, e para PT na camada

superficial (PT10), independentemente da presença do guandu (Tabela 50). Demodo geral, a DS do solo foi reduzida em relação à caracterização inicial do solo (Tabela 3), fato este correlacionado pelo incremento da MA e redução da MI, que pouco alterou a PT.

Verifica-se para os valores de porosidade total, que houve diferença significativa para a camada de 0,0 – 0,10 m, sendo observadas diferenças somente entre o tratamento do sorgo solteiro com o sorgo em consórcio com o guandu-anão. Nos dados referentes a microporosidade do solo na camada de 0,10 – 0,20 m de profundidade, verifica-se que houve maior valor para o consórcio do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão ($0,407 \text{ m}^{-3} \text{ m}^{-3}$).

Para a densidade do solo nas profundidades de 0,0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m verifica-se que houve diferenças significativas na camada de 0,0 – 0,10 m para as épocas de avaliação, sendo observado no segundo ano de avaliação uma redução de seus valores.

Quando se avalia a média dos tratamentos constata-se que na camada 0,0-0,10 m, o cultivo do sorgo solteiro apresentou a maior densidade do solo ($1,364 \text{ kg dm}^{-3}$) e sorgo em consórcio com o guandu-anão o menor valor ($1,265 \text{ kg dm}^{-3}$). Na camada de 0,10 a 0,20 m destaca-se o sorgo com o capim-marandu e o sorgo com capim-marandu e guandu-anão, respectivamente, apresentando a maior ($1,291 \text{ kg dm}^{-3}$) e menor ($1,247 \text{ kg dm}^{-3}$) DS. A maior compactação na camada superficial do solo (0,0 a 0,10 m) pode ser atribuída a vários fatores como a baixa precipitação pluvial no período experimental e, ao grande tráfego de máquinas e implementos agrícolas utilizados para a produção de silagem.

Estes dados estão em conformidade com os resultados de Bertol et al. (2004), sendo observados que em plantio direto, a densidade de solo é maior na camada superficial e decresce nas maiores profundidades, e que a porosidade total se comporta de modo inverso, visto que são atributos dependentes entre si. Dados estes discordantes com os resultados obtidos neste experimento. O mesmo foi observado por Sarmiento et al. (2008), que verificaram maior densidade do solo na camada superficial do solo sob SPD, e Trintinalio et al. (2005) que verificaram valores diferentes de densidade do solo com aumento da profundidade, causando uma redução na porosidade total.

Mello (2001) afirma que, no sistema de integração agricultura-pecuária, em áreas que foram pastejadas, a densidade do solo aumenta na camada superficial, porém não ultrapassa dez centímetros de profundidade e é facilmente rompida com o uso de sulcadores de hastes por ocasião da semeadura das culturas produtoras de grãos. O autor afirma ainda que, decorrido o tempo suficiente para a decomposição das raízes das plantas dessecadas, os valores de densidade e resistência à penetração do solo tendem a diminuir e os de porosidade tendem a aumentar, propiciando melhoria no condicionamento físico do solo.

Os resultados obtidos neste experimento demonstram a importância das gramíneas forrageiras na agregação, estruturação e permeabilidade do solo, podendo favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e permitir a maior exploração do perfil do solo em camadas mais profundas, com maior absorção de água e nutrientes resultando na melhor produção das culturas.

Trabalhando com gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* semeadas concomitantemente com o milho ou no estágio V4 e com tratamento de milho solteiro, Tsumanuma (2004) verificou que todas as gramíneas forrageiras apresentaram valores próximos de produção de massa seca das raízes. Segundo Broch (2000), estudando raízes de *U. decumbens*, constatou que, aproximadamente 76% da massa seca de raízes situava-se na profundidade de 0,0-0,20 m, evidenciando as mudanças nos atributos físicos do solo.

Por efeito dos anos de cultivo, a macroporosidade na camada de 0,10 a 0,20 m foi o único atributo que não diferiu significativamente. Para os demais, fica evidente que ocorreu redução da macroporosidade (MA20), e da microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas duas camadas avaliadas, em função do tempo de consórcio, pelo fato de que no primeiro ano de avaliação houve uma maior produção total dos consórcios e conseqüentemente maior enraizamento pelas culturas do sorgo e gramíneas forrageiras, haja visto que no primeiro ano a produção de guandu-anão foi menor quando comparado ao segundo ano. Além do mais, pelo tráfego frequente na área (semeadura, práticas culturais e colheita) é de se esperar, pela baixa quantidade de resíduos vegetais sobre o solo, que este tenha aumentado a compactação.

Os dados de macro, microporosidade e porosidade total do solo constatados por Costa (2014) na camada de 0 a 0,10 m (0,076; 0,340 e 0,416 m³ m⁻³) e de 0,10 a 0,20 m (0,081; 0,333 e 0,414 m³ m⁻³) em área de consórcio do sorgo com o capim-xaraés estão abaixo dos aqui avaliados (Tabela 32) quando comparado com os consórcios do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão e sorgo com capim-marandu. Entretanto, quando se compara com os valores de DS os valores aqui obtidos são inferiores (1,317 e 1,269 kg dm⁻³), respectivamente, para as camadas de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m do solo. Cabe salientar que o histórico de SPD nesta área é de apenas três anos, enquanto que no experimento de Costa (2014) era de nove anos, portanto com maior quantidade de palha depositada ao longo dos anos, fornecedora de M.O. estruturante do solo.

Entretanto, quando se observa os dados dos consórcios do sorgo com o capim-mombaça e guandu-anão e sorgo com capim-mombaça, e comparando-os com os dados descritos por

Costa (2014), utilizando o consórcio do sorgo com o capim-tanzânia, somente o valor de macroporos foi inferior.

Avaliando as alterações dos atributos físicos do solo em consórcio de gramíneas forrageiras e milho em sucessão com soja em região de Cerrado, em condições edafoclimáticas semelhantes às do presente estudo, Mendonça et al. (2013) constataram valores para MA inferiores, enquanto que para MI, PT e DS foram superiores nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, quando comparados aos valores médios nos dois anos de avaliação. Segundo os autores, o cultivo do milho em sucessão a soja resultou em melhoria nos atributos físicos do solo, independentemente do uso de gramíneas forrageiras consorciadas com milho, sendo este sistema de rotação de culturas indicado em região de Cerrado no SPD para melhoria dos atributos físicos do solo.

Segundo Stone e Silveira (2001), a redução da porosidade total e da macroporosidade e o aumento da microporosidade no solo sob plantio direto podem não afetar o desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular das plantas. Henklain et al. (1996) verificaram que os valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total foram melhores sob plantio direto em comparação ao preparo convencional do solo, graças à qualidade dos poros que, embora menores, apresentavam-se contínuos ao longo do perfil, pelo efeito dos canais e galerias formados pela atividade biológica e decomposição das raízes das culturas anteriores e às fendas provocadas pelos gradientes de umidade em solo argiloso.

Stone e Silveira (1999) avaliaram como diferentes sistemas de preparo do solo afetam a compactação e a disponibilidade de água do solo, a distribuição do sistema radicular e a produtividade do feijoeiro irrigado por aspersão, sendo relatados pelos autores que, mesmo propiciando maior compactação do solo até 0,15 a 0,22 m de profundidade, as produtividades do feijoeiro sob plantio direto foram superiores ou similares às obtidas com preparo do solo com grade ou com arado.

Tabela 50– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para as variáveis macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS) nas camadas de 0 – 0,10 e de 0,10 - 0,20 m, após a colheita das espécies de gramíneas forrageiras, em função do consórcio com sorgo e guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamento	MA10	MI10	PT10	MA20	MI20	PT20	DS10	DS20
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$					kgdm^{-3}		
Sorgo/Marandu/guandu	0,081	0,306 ab	0,390 ab	0,097	0,300 ab	0,400	1,309	1,247
Sorgo/Marandu	0,086	0,300 ab	0,386 ab	0,090	0,300 ab	0,389	1,326	1,291
Sorgo/Mombaça/guandu	0,081	0,312 a	0,392 ab	0,090	0,316 a	0,407	1,327	1,252
Sorgo/Mombaça	0,086	0,306 ab	0,395 ab	0,092	0,310 a	0,402	1,306	1,282
Sorgo/guandu	0,095	0,309 a	0,404 a	0,106	0,286 b	0,392	1,265	1,267
Sorgo solteiro	0,082	0,285 b	0,366 b	0,111	0,286 b	0,397	1,364	1,266
CV (%)	26,5	5,9	6,9	23,2	4,4	5,6	5,3	3,8
	Ano (A)							
1	0,083	0,331 a	0,414 a	0,118 a	0,323 a	0,442 a	1,541 a	1,462 a
2	0,088	0,275 b	0,364 b	0,078 b	0,276 b	0,354 b	1,091 b	1,073 b
	ANAVA (P-valor)							
Trat	0,8743 ^{ns}	0,0160	0,0643 ^{ns}	0,3229 ^{ns}	0,0008	0,6395 ^{ns}	0,1454 ^{ns}	0,5615 ^{ns}
Ano	0,4547 ^{ns}	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trat X Ano	0,2066 ^{ns}	0,0129 ^{ns}	0,8231 ^{ns}	0,6788 ^{ns}	0,4642 ^{ns}	0,4814 ^{ns}	0,7510 ^{ns}	0,8140 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$) para tratamento e teste F ($P < 0,01$) para ano

Um dos fatores que podem limitar o desenvolvimento e conseqüentemente a produção das culturas é a resistência mecânica do solo à penetração (RMP), pois expressa o grau de compactação do solo, entretanto é variável com o tipo de solo e com a espécie cultivada (RICHART et al., 2005). Serve também, como indicadora dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o crescimento radicular (TORMENA; ROLOFF, 1996).

A RMP simula a força que as raízes das plantas podem exercer para o seu desenvolvimento sendo influenciada pela densidade, umidade, textura e estrutura do solo. Pela avaliação da RMP identificam-se valores potencialmente limitantes ao crescimento das raízes, além de possibilitar o estabelecimento de valores críticos de umidade e de densidade do solo (IMHOFF et al., 2001).

Os valores de RMP, na camada de 0,0 a 0,20 m (Tabela 50), não apresentaram significância por efeito dos sistemas de produção. Os altos valores (maiores que 2,0 MPa) podem ser atribuídos ao tráfego de máquinas ser praticamente o mesmo em todos os consórcios, fazendo com que ocorra uma pressão praticamente igual na área total, até porque restou pouca palhada remanescente após corte dos rebrotes para ensilagem e pouca produção de MS dos capins dos consórcios no período de outono/inverno (Tabela 44).

Entretanto, quando se verifica os valores no primeiro e segundo anos de avaliação houve aumento da RMP e diferença entre os anos, provavelmente também pela baixa produção de palha das gramíneas forrageiras (Tabela 44) pelo uso de máquinas tanto para o plantio como para a colheita das forragens para a produção de silagem.

Deve-se salientar que no momento da coleta de solo para determinação da umidade (final de setembro), por ser uma área não irrigada e pela baixa precipitação pluvial, a umidade gravimétrica do solo estava abaixo dos valores adequados (70% da microporosidade ocupada por água), o que seria de 21%, portanto os valores de RMP obtidos foram muito altos mais pelo efeito da umidade do solo do que pela compactação, pois nos outros atributos indicadores desta compactação houve aumento da macroporosidade e redução da densidade do solo (Tabela 50). Entre os anos de cultivo, verifica-se que pelos menores valores de UG, no segundo ano de avaliação, os valores de RMP foram significativamente maiores, até porque o tráfego de máquinas traz efeito acumulativo entre os anos.

Fisicamente, o alongamento radicular só é possível quando a pressão de crescimento das raízes for maior que a resistência mecânica do solo à penetração (PASSIOURA, 1991). Contudo, generalizações não devem ser feitas, uma vez que a compactação não tem ocorrência contínua numa determinada camada (REICHARDT, 1990). Segundo Stone e Silveira (1999), se o manejo do sistema plantio direto for corretamente realizado, com

adequada quantidade de cobertura vegetal e rotação de culturas, sua densidade pode vir a diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, melhorando, inclusive, a estrutura do solo, o que promove a formação de canais que permitem adequado fluxo de ar e maiores taxas de infiltração de água (SEIXAS; ROLOFF; RALISCH, 2005).

Com o objetivo de encontrar uma resposta de qual seria o valor de RMP que levaria ao impedimento mecânico máximo que não traria prejuízos à produção agrícola, Tormena, Silva e Libardi (1998) e Silva, Tormena e Imhoff (2002) concordam que o valor de 2 MPa de resistência à penetração do solo tem sido associado a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das culturas de uma maneira geral, contudo, com variações para o tipo de solo (textura), teor de água no momento da determinação, espécie vegetal e até mesmo cultivares.

Existem no Brasil cerca de 26 milhões de hectares sendo usados com a técnica do sistema plantio direto. Sendo que nessas áreas foram realizados vários estudos das relações entre sistemas de manejo e estoque de C orgânico em áreas de SPD consolidado ou não (HICKMANN; COSTA, 2012). Em estudo na região do Cerrado e Corazza et al. (1999) observaram aumento de 21,4 t ha⁻¹ de C em solo com plantio direto e rotação de culturas durante 15 anos de uso. Por sua vez, Bayer et al. (2000) verificaram que houve maior estoque de C em área onde foi combinado plantio direto com rotação de culturas de elevador e retorno de palhada, chegando a estocar 12 t ha⁻¹ até 0,25 m de profundidade.

Com relação aos valores para o estoque de carbono (EC) verificados nesta pesquisa, para as duas épocas de avaliação (Tabela 51) foram observadas reduções dos valores verificados no início da instalação do experimento, tanto na camada de 0,0-0,10 m (19,7 t ha⁻¹) quanto na camada de 0,10-0,20 m (14,6 t ha⁻¹) de profundidade. Tais resultados demonstram a importância das práticas conservacionistas que permitam maior acúmulo de palhada na superfície do solo pelas plantas de cobertura no SPD, fazendo com que ocorra aumento no estoque de carbono no solo, resultados estes não contrastantes aos aqui obtidos, pela alta exportação de material vegetal (4 cortes para silagem) que proporcionaram pequena quantidade de resíduos vegetais pelas gramíneas forrageiras após o consórcio com o sorgo e/ou guandu-anão no outono/inverno.

Essa redução dos estoques de carbono do solo foi mais significativa do primeiro para o segundo ano de cultivo (Tabela 51). Contudo, deve-se salientar que no cálculo do EC leva-se em consideração o teor de C no solo, que foi pouco alterado pelos tratamentos (Tabelas 2, 48 e 49), contudo a DS (Tabela 50) também foi reduzida por efeito dos sistemas de produção e de

anos de avaliação, portanto o cálculo resultou em menores valores de EC em relação à caracterização inicial do solo (Tabela 4).

Tabela 51– Valores médios, teste Tukey e P-valor da ANAVA para valores de resistência mecânica à penetração (RMP) na camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade, umidade gravimétrica (UG) e estoque de carbono (EC) nas camadas de 0 – 0,10 e de 0,10 – 0,20 m de profundidade, após a colheita das gramíneas forrageiras capim-marandu e capim-mombaça em função do consórcio com sorgo e guandu-anão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em região de Cerrado de baixa altitude. Selvíria, MS

Tratamento	RMP	UG10	UG20	EC10	
	(MPa)	EC20 (%)		(t ha ⁻¹)	
Sorgo/Marandu/guandu	3,6	15,6 ab	15,2	16,6 ab	13,4 a
Sorgo/Marandu	5,3	15,0 ab	15,1	15,9 b	13,4 a
Sorgo/Mombaça/guandu	4,2	14,0 ab	13,5	15,0 b	13,4 a
Sorgo/Mombaça	5,8	12,1 b	14,8	15,2 b	13,0 a
Sorgo/guandu	3,9	17,3 a	15,4	15,3 b	12,5 a
Sorgo solteiro	5,5	13,8 ab	15,3	17,6 a	11,3 b
CV (%)	49,4	22,6	16,5	5,6	6,0
Ano (A)					
1	3,1 b	15,9 a	15,7 a	19,3 a	15,0 a
2	6,4 a	13,4 b	14,1 b	12,6 b	10,7 b
ANAVA (P-valor)					
Trat	0,2138 ^{ns}	0,0641 ^{ns}	0,7943 ^{ns}	0,0006	0,0002
Ano	0,0001	0,0167	0,0366	0,0000	0,0000
Trat X Ano	0,0780 ^{ns}	0,0510 ^{ns}	0,2289 ^{ns}	0,0870 ^{ns}	0,0103 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância (P<0,05) para tratamento e Teste F (P<0,01) para ano

Além dos benefícios às culturas, o sequestro de carbono no solo pode diminuir a emissão de gases do efeito estufa, causando menor impacto ambiental na atividade agrícola (COSTA, 2014). Desta forma, os resíduos de matéria seca das plantas, além de proporcionar um incremento no EC do solo, permitem ainda recuperar os teores de matéria orgânica no solo a valores próximos ao original (WENDLING et al., 2005). Além disso, resíduos vegetais são indispensáveis para aumentar o tamanho e a estabilidade dos agregados, favorecer o controle da erosão e a resistência do solo à compactação.

De acordo com Bayer et al. (2006), no SPD, para que o sistema seja considerado eficiente e sustentável, torna-se necessário a entrada de cerca de 4 t ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono ao

sistema para compensar a quantidade perdida na decomposição dos resíduos orgânicos, o que dificilmente é obtido com apenas o uso de culturas anuais em monocultivo.

Sendo assim, o SPD pode ser considerado uma atividade com potencial para sequestrar carbono no solo. Como os cultivos são realizados sem haver o revolvimento do solo, as culturas vegetais utilizadas em rotação de culturas (BAYER et al., 2000; LOVATO et al., 2004; DIEKOW et al., 2005) e a quantidade e manejo dos resíduos culturais depositados na superfície do solo podem favorecer o acúmulo de C, ocorrendo assim a proteção física da matéria orgânica do solo. Entretanto, esses processos são dependentes das condições climáticas (FANG; MONCRIEFF, 2001), do tipo de solo e da região de cultivo (BAYER et al., 2002).

Siqueira Neto et al. (2009) avaliando o sequestro de carbono num Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa sob SPD, verificaram que os estoques de C no solo aumentaram com o tempo de implantação do SPD e que o aporte de resíduos culturais e a rotação de culturas com uso de leguminosas reduziram a mineralização da matéria orgânica, o que favoreceu o acúmulo de C no solo, contrastando que na presente pesquisa o SPD está recém implantado (3 anos) e a produção de palhada não foi satisfatória pela alta exportação dos 4 ciclos de silagem.

Nesta mesma linha de pesquisa, Amado et al. (2001) sugerem que o uso de leguminosas, combinado com maior diversidade de espécies em sucessão ou rotação de culturas, aumenta de forma significativa a retenção de C e N no solo, com implicações importantes para o balanço destes elementos em escala regional e global e para a produção sustentável e a qualidade ambiental. Destaca-se ainda por estes autores que, além de melhorar a qualidade do solo, o uso de leguminosas resulta em menor custo financeiro e energético na produção de alimentos, devido ao suprimento parcial do N e diminuição da necessidade de fertilizantes nitrogenados.

4.5 DESEMPENHO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO EM CONSÓRCIO COM CAPIM-MARANDU, CAPIM-MOMBAÇA E/OU GUANDU-ANÃO EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Na Tabela 52 encontra-se a estimativa do custo operacional total (COT) obtido com o consórcio do sorgo com o capim-marandu e guandu-anão na safra 2013/2014, no município de Selvíria, MS. Sendo, essa estrutura de COT utilizado individualmente para todos os demais tratamentos. Verifica-se que, com relação aos custos que compõem as operações

mecanizadas, a colheita do material a ser ensilado foi o de maior valor (R\$ 360,00), sendo que quando se avalia os custos com os insumos utilizados, o gasto com a adubação de semeadura (R\$ 951,00) foi superior aos demais.

Tabela 52– Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1ha do consórcio do sorgo com capim-marandu e guandu-anão na safra agrícola 2013/2014. Selvíria, MS

Descrição	Especif.	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A. Operações mecanizadas				
Dessecação	HM	0,5	55,00	27,50
Roçagem	HM	1,0	50,00	50,00
Semeadura sorgo/capim	HM	0,7	140,00	98,00
Semeadura guandu-anão	HM	0,7	140,00	98,00
Adubação cobertura	HM	0,6	55,00	33,00
Colheita ensilagem	HM	3,0	120,00	360,00
Transporte ensilagem	HM	1,5	80,00	120,00
Compactação ensilagem	HM	1,5	55,00	82,50
Subtotal A				869,00
B. Material				
Adubo NPK (8-28-16)	kg ha^{-1}	300,0	1,20	951,00
Sulfato de amônio	kg ha^{-1}	120,0	1,50	67,20
Cloreto de potássio	kg ha^{-1}	50,0	1,50	70,50
Sementes de sorgo	kg ha^{-1}	18,9	12,00	226,80
Sementes de <i>U. brizantha</i>	kg ha^{-1}	13,3	11,50	152,95
Semente guandu-anão	kg ha^{-1}	14,4	6,50	93,60
Herbicida Glyphosate	L ha^{-1}	4,0	13,00	52,00
Subtotal B				1.614,05
Custo operacional efetivo (COE)				2.483,05
Outras despesas				124,15
Depreciação				82,19
Juros de custeio				68,28
Custo operacional total (COT)				2.757,68

* 5% do COE

Ainda analisandoos dados da Tabela 52, constata-se que os gastos com a mecanização foram de 35% e com os insumos corresponderam a 65% do COE. Os resultados obtidos são próximos aos observados por Kaneko et al. (2010), que estimaram um gasto com insumos e operações mecanizadas de 64,8% e 32,0% do COE, respectivamente e Broch e Pedroso (2010), que verificaram uma participação de 67,8% dos insumos na estimativa do custo de produção do milho na safra 2009/2010 em sistema plantio direto, na região de Maracaju, MS. Os gastos foram diferentes aos relatados por Costa et al. (2015b) que avaliariam o custo operacional total da produção de silagens de milho e sorgo em consórcio com gramíneas forrageiras em sistemas produtivos de ILP e obtiveram valores na ordem de 49,6 e 50,4% com as operações mecanizadas e insumos, respectivamente.

Os valores dos custos operacionais totais, de produtividade de massa seca, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL) e ponto de equilíbrio em relação a produtividade e custo de produção por área estão apresentados nas Tabelas 53 e 54, respectivamente para as safras 2013/2014 e 2014/2015, no momento do primeiro corte e no corte da rebrota para as silagens de sorgo e seus consórcios.

Quanto aos custos de produção no primeiro ano, pode-se observar que a silagem de sorgo com capim-marandu e guandu-anão apresentou o maior IL (24,3%) devido a maior produtividade deste sistema de cultivo. A produção de silagem de sorgo com capim-mombaça e guandu-anão foi o único sistema de cultivo que apresentou índice de lucratividade negativo (-1,7%), devido ao maior custo de produção e baixa produtividade total. Esta baixa produtividade neste consórcio deve-se principalmente ao rápido crescimento do capim- mombaça, fazendo com que houvessebaixa produção da cultura do sorgo (Tabela 9)

Os custos operacionais totais das silagens no momento da rebrota no primeiro ano de cultivo encontram-se na Tabela 53. Observa-se que todas as silagens apresentaram altos índices de lucratividade, sendo que o consórcio do sorgo com capim-marandu e guandu-anão apresentou o maior IL (66,4%) e o consórcio do sorgo com guandu-anão (47,8%) apresentou o menor IL. Estes altos IL no corte da rebrota devem-se principalmente ao não replantio dos sistemas e haver somente os custos com o processo de ensilagem.

Tabela 53– Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), ponto de equilíbrio (PE) com relação a produtividade (ProE) e valor (PreE) obtidos com os consórcios do sorgo com o capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte e de sua rebrota da safra 2013/2014. Selvíria, MS

Tratamento	COT (R\$)	Produtividade total	Renda bruta	LO	IL	PE	
						Produtividade	R\$
Ano 1/1º corte							
Sorgo/Marandu/guandu	2.757,68	18.225,50	3.645,10	887,42	24,3	13.788,40	0,15
Sorgo/Marandu	2.597,27	13.013,20	2.602,64	5,37	0,2	12.986,35	0,20
Sorgo/Mombaça/guandu	2.771,31	13.620,92	2.724,18	-47,13	-1,7	13.857,55	0,20
Sorgo/Mombaça	2.571,90	14.319,40	2.863,88	291,98	10,2	12.860,50	0,18
Sorgo/guandu	2.528,80	13.765,50	2.753,10	224,30	8,1	12.644,00	0,18
Sorgo solteiro	2.387,21	13.922,50	2.784,50	397,29	14,3	11.936,05	0,17
Ano 1/rebrota							
Sorgo/Marandu/guandu	606,09	8.587,50	1.803,38	1.197,29	66,4	2.886,14	0,07
Sorgo/Marandu	606,09	6.077,50	1.276,28	670,19	52,5	2.886,14	0,10
Sorgo/Mombaça/guandu	606,09	8.252,50	1.733,03	1.126,94	65,0	2.886,14	0,07
Sorgo/Mombaça	606,09	7.975,00	1.674,75	1.068,66	63,8	2.886,14	0,08
Sorgo/guandu	606,09	5.527,50	1.160,78	554,69	47,8	2.886,14	0,11
Sorgo solteiro	606,09	6.100,00	1.281,00	674,91	52,7	2.886,14	0,10

O custo operacional total (COT) para a produção de silagem no primeiro corte do segundo ano de avaliação (Tabela 54) foi maior para a silagem de sorgo com capim-mombaça e guandu-anão (R\$ 3.032,38) em relação aos demais sistemas de cultivo devido ao acréscimo de despesas de investimento e de custeio para a implantação dos consórcios. O alto COT neste consórcio refletiu no menor IL. Assilagens de sorgo solteiro (39,8%) e sorgo com capim-marandu (45,7%) apresentaram os maiores IL no momento do primeiro corte e na rebrota, respectivamente, no segundo ano de avaliação (Tabela 54).

Neste contexto, Paziani et al. (2009), avaliando as características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem, verificaram que as características mais desejáveis em uma cultura para a produção de silagem são a elevada produção de massa verde e seca e, as altas concentrações de proteína bruta e energia, fatores que garantem maior digestibilidade da forragem.

Assim, as altas produtividades obtidas nesta pesquisa (Tabelas 53 e 54), de maneira geral, tanto no cultivo do sorgo solteiro quanto nos cultivos consorciados, devem-se à alta tecnologia adotada nestes sistemas de produção, bem como adubação adequada à grande exigência das culturas.

O ponto de equilíbrio (PE) é um importante indicador de escala de produção e de custeio de qualquer atividade. Para Padoveze (2003), ponto de equilíbrio é o volume de atividades operacionais em que o total de contribuição da quantidade vendida/produzida se iguala ao custo operacional total. Esse indicador informa o volume necessário de vendas em um período, para cobrir todas as despesas, fixas e variáveis, incluindo também o custo da mercadoria vendida ou do serviço prestado. Nesse estudo foi considerado para efeito de cálculo, a venda da silagem para terceiros. Em cenário onde essas opções de receitas não fossem levadas em consideração o PE para os sistemas ultrapassaria os 100% (STIVARI et al., 2013).

Na Tabela 54, consta a demonstração do ponto de equilíbrio em relação a produtividade e ao valor de comercialização das silagens no segundo ano de avaliação. Pelo indicador ProE, o sistema de cultivo do sorgo solteiro e sorgo com capim-marandu precisariam produzir no mínimo 12.954 e 3.309 kg ha⁻¹ de MS no primeiro corte e na rebrota para equilibrarem as despesas de investimento na produção de silagem de sorgo na rebrota. Isto se deve em parte, ao menor uso de maquinário e alguns insumos.

Enquanto que o sistema de cultivo do sorgo em consórcio com o capim-mombaça e guandu-anão e com capim-mombaça em ambos os anos experimentais (Tabelas 53 e 54), teriam que produzir maior quantidade de massa seca para pagar o investimento inicial de

produção, resultado este devido, principalmente, ao não rebrote do sorgo nesse consórcio e com isso, e pelo alto investimento inicial com a aquisição de insumos e aluguel de maquinário nestes consórcios.

Tabela 54– Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), ponto de equilíbrio (PE) com relação a produtividade (ProE) e valor (PreE) obtidos com os consórcios do sorgo com o capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão em Sistemas Integrado de Produção Agropecuária em região de Cerrado de baixa altitude, no momento do primeiro corte e de sua rebrota na safra 2014/2015. Selvíria, MS

Tratamento	COT (R\$)	Produtividade total	Renda bruta	LO	IL	PE	
						Produtividade	R\$
Ano 2/1º corte							
Sorgo/Marandu/guandu	2.992,75	17.198,00	3.611,58	618,83	17,1	14.964,75	0,17
Sorgo/Marandu	2.820,84	18.264,00	3.835,44	1.014,60	26,5	14.104,20	0,15
Sorgo/Mombaça/guandu	3.032,38	15.745,90	3.306,64	274,26	8,3	15.162,90	0,19
Sorgo/Mombaça	2.746,18	14.690,30	3.084,96	338,78	11,0	13.731,90	0,19
Sorgo/guandu	2.809,76	18.451,20	3.874,75	1.064,99	27,5	14.049,80	0,15
Sorgo solteiro	2.590,88	20.500,22	4.305,05	1.714,17	39,8	12.954,40	0,13
Ano 2/rebrota							
Sorgo/Marandu/guandu	694,66	4.633,30	972,99	278,33	28,6	3.308,90	0,15
Sorgo/Marandu	694,66	6.087,50	1.278,38	583,72	45,7	3.308,90	0,11
Sorgo/Mombaça/guandu	694,66	1.312,50	275,63	-419,04	-152,0	3.308,90	0,53
Sorgo/Mombaça	694,66	1.150,00	241,50	-453,16	-187,6	3.308,90	0,60
Sorgo/guandu	694,66	2.775,00	582,75	-111,91	-19,2	3.308,90	0,25
Sorgo solteiro	694,66	3.887,50	816,38	121,72	14,9	3.308,90	0,18

5 CONCLUSÕES

O consórcio do sorgo forrageiro com capim-marandu, capim-mombaça e/ou guandu-anão no momento do primeiro corte foram viáveis para a produção de silagens, tanto em quantidade como em qualidade bromatológica, no Sistema Integrado de Produção Agropecuária na região do Cerrado de baixa altitude.

O aproveitamento da rebrota do sorgo forrageiro em monocultivo ou em consórcio com o capim-marandu e guandu-anão, com capim-marandu e com guandu-anão apresentaram-se viáveis na produção de forragem para a produção de silagem de qualidade no período de entressafra.

O cultivo da rebrota do sorgo com a gramínea *M. maximum*, neste experimento, mostrou-se inviável em termos produtivos e econômicos, no segundo ano de avaliação.

Os capins Marandu e Mombaça cultivados no outono/inverno, após o consórcio com o sorgo, apresentaram baixa produtividade para serem usados para pastejo, com pouca massa verde para a cobertura do solo e formação de palhada para o sistema de plantio direto.

Os sistemas de consórcio do sorgo com as gramíneas forrageiras e/ou guandu-anão apresentaram alta exportação de nutrientes do solo e mesmo com o alto tráfego de máquinas, alteraram positivamente as características químicas e físicas do solo, tornando todos os sistemas de cultivo opções viáveis para a produção de silagem de sorgo consorciado para 2 cortes anuais.

Os consórcios do sorgo forrageiro com os capins Marandu, Mombaça e/ou guandu-anão para produção de silagem e posterior formação de pastagens foram economicamente viáveis no primeiro ano de produção, mas na avaliação econômica do segundo ano experimental somente as silagens a partir do sorgo em monocultivo, sorgo com capim-marandu e guandu-anão, sorgo com capim-marandu e sorgo com guandu-anão mostraram-se economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL- AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstract and Reviews**, Series B, Wallingford, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.

AGUIAR, A. P. A. et al. Características de crescimento de pastagens irrigadas e não irrigadas em ambiente de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, numro do evento, 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004.

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.

ALENCAR, C. A. B. et al. Bromatologia e digestibilidade de gramíneas forrageiras manejadas por corte submetidas à adubações nitrogenadas e estações anuais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 8-15, 2013.

ALMEIDA, V. P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALMEIDA, R. G. et al. Taxa de semeadura do capim-piatã em consórcio com sorgo de corte e pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária, na safrinha. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2010. Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010. 1CD ROM.

ALVARENGA, M.C.V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros**. 1994. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

ALVIM, M. J. et al. Resposta do tifton 68 a doses de nitrogênio e a intervalo de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1875-1882, 2000.

AMADO, T.J.C et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

AMARAL, R. C. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007.

ANDRIGUETTO, J. M et al. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 2002. v. 1, 395 p.

ARAÚJO, V. L. **Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

ARAÚJO, V.L. **Características agronômicas e avaliação de silagens de 25 híbridos de sorgo**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)– Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY- AOAC. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington: AOAC, 1995. 1015 p.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.

BALSALOBRE, M. A. A. et al. Pastagens irrigadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 265-296.

BARBERO, L.M. et al. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coast-cross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 645-653, 2010.

BARDUCCI, R. S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Megathyrsus maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 101-109, 2000.

BAYER, C. et al. Carbon stocks in matter fractions as affected by land use and soil management with emphasis on no-tillage effect. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 401-406, 2002.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian cerrado soil under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BENETT, C. C. S. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-Marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.

BENÍCIO, L.P.F. et al. Produção de *Megathyrsus maximum* consorciado com sorgo sob diferentes fontes de fósforo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 55- 60. 2011.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.

BERNARDES, T.F. et al. Perfil fermentativo, estabilidade aeróbica e valor nutritivo de silagens de capim-marandu ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 10, p. 1728-1736, 2008.

BERNARDINO, M.L.A. **Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de taninos e suculência no colmo**. 1996. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

BERNOUX, M. et al. Modeling vertical distribution carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Baltimore, v. 163, n. 12, p. 941-951, 1998.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)– Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

BORGHI, E. et al. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORGHI, E.; CECCON, G.; CRUSCIOL, C. A. C. Manejo de espécies forrageiras em consórcio com milho safrinha. In: SEMINÁRIO MILHO SAFRINHA, 12., 2013. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 1-14.

BOTELHO, P. R. F. **Avaliação agronômica e nutricional da rebrota anual de quatro genótipos de sorgo para produção de silagem na região Norte de Minas Gerais**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2010.

BOTELHO, P. R. F. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 287-297. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Planejamento Estratégico. **Projeções do Agronegócio**. Brasília: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestao-estrategica>>. Acesso em: 20 set. 2015.

BRITO, A. F. **Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus padrões de fermentação**. 1999. 129 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

BROCH, D. L. Integração agricultura-pecuária no Centro-Oeste do Brasil. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 53-62.

BROCH, D. L.; PEDROSO, R. S. **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno- custo de produção do milho safrinha 2010**. Maracaju: FundaçãoMS, 2010. Disponível em: < <http://www.fundacaoms.org.br/page.php?107>>. Acesso em: 20 set. 2015.

CABRAL, L.S et al. Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1250-1258, 2003.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 2183-2190, 2011.

CÂNDIDO, M.J.D et al. Avaliação da produção e do valor nutritivo das silagens de cinco híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD ROM.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van.; CAMARGO, C.E.O. Adubação de cereais. In: RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de**

adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 43-50. (Boletim Técnico, 100).

CAPPELLE, E. R. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

CARDOSO, G. C. Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p.243-260.

CARVALHO, M.A.C et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, L. F. P. B. **Avaliação nutricional de silagens de diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2010. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

CARVALHO, P. C.F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014.

CASELA, C.R. et al. Cultivares de sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 144, p. 40-43, 1986.

CASTRO, G. H. F.; GRAÇA, D. S.; GONÇALVES, L. C. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu colhida em diferentes idades ao corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 6, p. 1538-1544, 2007.

CHAMBELA NETO, A. et al. Composição químico-bromatológica e digestibilidade de três gramíneas forrageiras tropicais em Minas Gerais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, n. 219, p. 357-360, 2008. Disponível em: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/24_13_14_13NotaComposicaoChambela.pdf>. Acesso em: 21 maio 2014.

CHIESA, E. D. et al. Aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 425-432, 1999.

COSTA, K. A. P. et al. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, S. F. et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. Aspectos ultra-estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2008.

COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

COSTA, N. R. **Desempenho técnico e econômico da produção de milho e sorgo para silagem e soja em sucessão em sistema irrigado de integração lavoura-pecuária no cerrado**. 2014. 226 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.

COSTA, N. R. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 853-863, 2015a.

COSTA, N. R. et al. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 9-19, 2015b. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3052/305238432002.pdf>>. Acessado em: 20 de out. 2015.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas forrageiras perenes nos sistemas de produção. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 1, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, Atlanta, v. 94, n. 1, p. 14-16, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nutrition and yield behavior of sorghum hybrids with contrasting cycles intercropped with Marandu grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1234-1240, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. An innovate crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

DIEKOW, J. et al. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 87-95, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

EVANGELISTA, A. R. et al. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (L.) Dewit). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FAIRBAIRN, R.; ALL, I.; PHILLIP, L.P. Proteolysis and aminoaciddegradetion during ensilage of untreated of formic acidduring ensilage of untreated of formic acidtreated Lucerne and maize. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, n.4 p.382-390, 1992.

FANG, C.; MONCRIEFF, J.B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 2, p. 155-165, 2001.

FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 323-348.

FERREIRA, J.J.C. **Avaliação da qualidade e do perfil de fermentação das silagens de seis cultivares de sorgo**. 2005. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

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

FERNANDES, F.E.P. et al. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, p. 2111-2115, 2009.

FERNANDES, P. G. et al. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 975-981, 2014.

FRANÇA, A. F. S. et. al. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.12, n. 3, p. 383-391, 2011.

FREITAS, K. R. et al. Avaliação da composição químico – bromatológica do capim mombaça (*Panicum maximum* jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia,v. 23, n. 3, p. 1-10, 2007.

GAGGIOTTI, M.C. et al. Cultivares de sorgo forrajeros para silaje. II Características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina de Producción Animal**, Buenos Aires, v.12, n. 2, p. 163-167, 1992.

GARCIA, R. A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n.4, p.579-585, 2008.

GARCIA, C. M. P. et al. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Megathyrsus* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

GERDES, L. et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

GOMES, S. O. et al. Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

GONÇALVES, L. C. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite, silagem de sorgo para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. p. 48

GONTIJO, M. H. R. et al. Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 33-43, 2008.

HAIGH, P. M. Effluent production from grass treated with additives and made in large scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 54, n. 3, p. 208-218, 1999.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.45, n. 1, p. 35-56, 1993.

HENKLAIN, J. C. et al. Efeito do preparo do solo no desenvolvimento radicular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1996, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônomico do Paraná, 1996. p. 103-105.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em ARGISSOLO sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1055-1061, 2012.

IBRAHIM, G. H. F. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007.

IMHOFF, S. et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 11-18, 2001.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-58.

KANEKO, F. H et al. Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 102-109, 2010.

KEPLIN, L. A. S. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. **Encarte Técnico da Revista BatavoCCLPL**, Castro, v. 1, n. 8, p. 16-19, 1992.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 408-441.

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

LAMB, G. C. et al. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 106, n. 3, p. 221-231, 2008.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. 344 p.

LEITE, M. L. M. V. **Crescimento vegetativo do sorgo sudão (*Sorghum sudanense* (piper) stapf), em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)– Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

LEONEL, F. P. et al. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 177-189, 2009.

LIMA, J. M. P. et al. **Nova Cultivar de sorgo forrageiro de dupla finalidade para o semi-árido nordestino**. Parnamirim: EMPARN, 2007. Disponível em: <http://www.emater.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/publicacoes/Jo%E3o%20Maria/Nova_Cultivar_de_Sorgo_Forrageiro_Dupla_Finalidade_Semi-Arido_Nordestino.pdf> Acesso em: 5 abr. 2015.

LOPES, S. J. et al. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 525-530, 2005.

LOVATO, T. et al. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 175-187, 2004.

LOURENTE E. R. P. et al. Rotação de culturas, relações com atributos químicos, microbiológicos do solo, produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 829-842, 2010.

LOURES, D.R.S. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1851-1858, 2003.

LUPATINI, C. G. et al. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L), para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 193-203, 2004.

LUPATINI, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T. **Irrigando pastagens para melhor produção**. [S.l.: s.n., 200-). Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/gl_ft_jan2006.php> Acesso em: 8 maio 2015.

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

MACHADO, A. O. et al. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

MACHADO, F. S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia)- Escolade Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MAGALHÃES P. C.; DURÕES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA. 2000. 46 p. (Circular Técnica, 3).

MAGALHÃES, J. A. et al. Efeito da adição da leucena sobre os teores de proteína bruta e minerais na silagem de capim-elefante. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA-ZOOTEC, 13., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2003. p. 382-386.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARTIN, N. B. et al. Sistema CUSTAGRI: sistema integrado de custo agropecuário. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MAY, A. et al. Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*(L.) Moench), em Sete Lagoas-MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ABMS, p. 2382-2389. 1CD-ROM.

MAY, A. et al. **Manejo e tratos culturais**: sistema embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: sistema BRS1G-tecnologia qualidade embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012b. p. 22-31.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York. A Willey – Interscience Publication. 1991. 226 p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of silage**. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

McDOWELL, L. R. Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. v. 2, p. 51-76.

MEESKE, R. et al. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**, Gainesville, v. 43, n. 3, p. 165-175, 1993.

MELLO, L. M. M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico**. 2001. 72 f.

Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MELLO, R.; NORBERG, J. L.; ROCHA, M. G. et al. Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 20-33, 2003.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 7-10, 2004.

MENDONÇA JÚNIOR, A. F. et al. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 01-13, 2011.

MENDONÇA, V. Z. et al. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic , 1990. 483 p.

MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, Gainesville, v. 47, n. 1, p. 107-124, 1994.

MOLINA, L. R. et al. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 4, p. 385-390, 2000.

MORAES, S. D. et al. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 4, p. 624-634, 2013.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal Dairy Science**, Wisconsin, v. 71, n. 11, p. 2992–3002, 1988.

MÜLLER, M. S. et al. Produtividade do *Megathyrus maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 427-433, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington: National Academy Press, 1989. 157 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2000. 234 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 8. ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381 p.

NERES, M. A. et al. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012.

NEUMANN, M. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J. L. et al. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 120-133, 2004.

NUNES, U. R. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, R. P. et al. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 45-53, 2005.

OLIVEIRA, H. C. et al. Perdas e valor nutritivo da silagem de capim-tanzânia amonizado com uréia. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 195-202, 2009.

OLIVEIRA, L.B. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

OLIVEIRA, F. L. R. **Recuperação de pasto, associada à produção de silagem de sorgo e madeira, em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agroecologia)– Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

OLIVEIRA, E. R. et al. Valor nutricional de silagem de capim-mombaça com aditivos agroindustriais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1543-1555, 2014.

OZIER-LAFONTAINE, H. et al. Radiation and transpiration partitioning in a maize-sorghum intercrop: test and evaluation of two models. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 2, p. 127-145, 1997.

PACIULLO, D. S. C. et al. Composição química e digestibilidade in vitro de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, suple. 1, p. 964-974, 2001.

PADOVAN, M. P. et al. Acúmulo de massa e nutrientes na parte aérea de adubos verdes num sistema sob transição agroecológica em Itaquiraí, MS. In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL, 2., 2008, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABA, 2008. p. 99-102.

PADOVEZE, C. L. **Curso básico gerencial de custos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 377 p.

PASSIOURA, J. B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 29, n. 6, p. 717-728, 1991.

PAIVA, J. A. J. **Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 83 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 1976.

PAIVA, G. N. et al. Perdas na ensilagem de cinco cultivares de sorgo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 5., 2011, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SIMCORTE, 2011. 1CD-ROM.

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. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PARIZ, C. M. et al. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no sistema plantio direto na palha. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 147-154, 2010.

PARIZ, C. M. et al. Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 728-738, 2011.

PAUL, C. L. 1990. **Agronomia del sorgo**. Telangana: Icrisat- Patancheru. 301 p.

PAZIANI, S. F. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 411-417, 2009.

PEDROSO, A. F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.

PEIXOTO, P. V. et al. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 25, n. 3, p. 195-200, 2005.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção de silagem pré secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p. 64-86.

PEREIRA, O. G. et al. Populações microbianas em silagem de capim-mombaça de diferentes idades de rebrotação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2006. 1CD-ROM.

PEREIRA, R. C. et al. Composição químico-bromatológica em cultivares de *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: 2008.1CD-ROM.

PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade in vitro da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 3, p. 250-255, 2000.

PIRES, D. et al. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos fisiológicos das plantas cultivadas e análise de crescimento da *Brachiaria* consorciada com cereais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 303-330.

RABELO, F. H. S. et al. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n. 1, p. 47-66, 2012.

RAIJ, B. Van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 795-805, 2000.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1990. 188 p.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Amonização de volumosos**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 22 p.

REZENDE, G. M. et al. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.

RIBEIRO, C. G. M. **Perfil de fermentação e qualidade das silagens de cinco genótipos de sorgo (BR 700, Volumax, 0249339, 0249341 e 02499317) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2005. 49 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

RIBEIRO, C. G. M. et al. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 6, p. 1531-1537, 2007.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

ROCHA JÚNIOR, V. R. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem II. Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 5, p. 512–520, 2000.

RUFINO, M. S. M. et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, Columbus, v. 114, n. 2, p. 693-695, 2009.

SÁ, J. C. M. et al. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 1486-1499, 2001.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de sistemas de produção misto sob plantio direto sobre a fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 545-552, 2003.

SANTOS F. A. P. Metabolismo das proteínas. In: BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 93 p.

SANTOS, M. E. R. et al. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 650-656, 2009.

SANTOS, M. V. F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, p. 25-43, 2010.

SARMENTO, P. et al. Atributos químicos e físicos de um argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 183-193, 2008.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.** 2006. 228 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-EESC, Universidade de São Paulo- USP, São Carlos, 2006.

SCHMIDT, P. et al. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1666-1675, 2007. Suplemento.

SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R. Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 794-798, 2005.

SILVA, J. F. C. et al. Idade de corte do sorgo Santa Eliza (*Sorghum vulgare*, Pers.), para silagem I: produção e característica das silagens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 98-105, 1990.

SILVA, S.C. Condições edafoclimáticas para a produção de *Panicum sp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 129-146.

SILVA, F. F et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo, folhas e panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 14-20, 1999.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo:** métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 1-18.

SILVA, K. M. J. et al. Consórcio do sorgo com seis diferentes espécies de forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária no Vale do Jequitinhonha. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EPAMIG, 2010a.1CD-ROM.

SILVA, J. J. et al. Produção de leite de animais criados em pastos no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 26-36, 2010b.

SILVA, N. C.; REIS, J.; MAGALHÃES R. Silagem consorciada de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e feijão guandu (*Cajanus cajan*) em diferentes proporções: produção e composição bromatológica. **Revista do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão**, Patos de Minas, v. 1, n. 8, p. 213-222, 2011.

SILVA, W. P. **Perfil fermentativo e composição bromatológica da silagem de sorgo em diferentes períodos de armazenamento**. 2014. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). - I Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 1013-1022, 2009.

SIMON, J. E. **Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia oriental**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. Poáceas tropicales. In: PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL, 23., Roma, 1992. **Colección...** Roma: FAO, 1992. 849 p.

SKONIESKI, F. R. et al. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 3562-3577, 1992.

SOARES FILHO, C. V. et al. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 45, p. 1377-1384, 2002.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Chemical soil attributes as affected by lime and phosphogypsum surface application in a recently established no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

SOUZA, V. G. et al. Valor Nutritivo de Silagens de Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 753-759, 2003.

SOUZA NETO, J. M. **Formação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com o milho como cultura acompanhante**. 1993. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

STEFANIE, J. W. H. et al. Silage fermentation process and their manipulation. In: ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE- FAO, 2000, Rome. **Conference...** Rome: FAO, 2000. p. 17-30.

STIVARI, T. S. S. et al. Viabilidade econômico-financeira de sistemas de produção de cordeiros não desmamados em pastagem com suplementação em cocho ou pasto privativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 396-405, 2013.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo do solo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 121-127, 2006.

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology**: the physics of irrigated and non irrigated soils. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 532 p.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TORMENA, C.A; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 333-339, 1996.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 573-581, 1998.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dificuldades e soluções da semeadura direta no Cerrado. **Revista A Granja**, São Paulo, v. 770, n. 2, p. 61-63, fevereiro 2013.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.

TRINTINALIO, J. et al. Alterações nas propriedades físicas e químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico por diferentes manejos na entrelinha da cultura da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 753-759, 2005.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de brachiarias, em Piracicaba, SP.** 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JUNIOR., V. R.; CAPELLE, W. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 297 p.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 329 p.

VAN SOEST, P. J.; MANSON, V. C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feed. **Animal Feed Science Technology**, Gainesville, v. 32, n. 1, p. 45-53, 1991.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G. Discounts for net energy and protein-fifth revision. In: CORNELL NUTRITIONAL CONFERENCE, 1992, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: University of Cornell, 1992. p. 40-68.

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

VASCONCELOS, R. C. et al. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade da matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.

VILLA, F. Quem faz a diferença no sucesso das fazendas. **Revista DBO Rural**, São Paulo, v. 24, n. 293, p. 126, 2007.

VON PINHO, R. G. et al. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.

VON PINHO, R. G. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um LATOSSOLO VERMELHO sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.

WILDE, D. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 96, p. 240-249, 2006.

XU, X.; NIEBER, J. L.; GUPTA, S. C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 6, p. 1743-1750, 1992.

ZAGO, C. P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes: manejo cultural do sorgo para forragem.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. p. 9-26. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 17).

ZIMMER, A. H. et al. Manejo de culturas na integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFRGS, 2007. 1CD-ROM.

ZIMMER, A. H. et al. Produção de grãos e de forragem de leguminosas forrageiras tropicais consorciadas com milho BRS 2020 em Campo Grande, MS. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **Anais...** Belém: UFRA-SBZ, 2011a. 3 p. 1CD-ROM.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Recuperação de pastagens degradadas.** Brasília: MAPA- Embrapa, 2011b. 47 p. 1CD-ROM. Curso de Capacitação do Programa- ABC. Apostila.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 170-189, 2009. Suplemento Especial.