

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

João Vitor França Pirola

Engenheiro Agrônomo

**Consórcio de híbridos de sorgo com o capim-marandu na
região da Nova Alta Paulista**

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

João Vitor França Pirola

Engenheiro Agrônomo

**Consórcio de híbridos de sorgo com o capim-marandu na
região da Nova Alta Paulista**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristiana Andrighetto

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Tropaldi

Dracena

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

P671c

Pirola, João Vitor França.

Consórcio de híbridos de sorgo com o capim-marandu na região da Nova Alta Paulista / João Vitor França Pirola. -- Dracena: [s.n.], 2023.
50 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2023.

Orientadora: Cristiana Andrighetto

Co-orientador: Leandro Tropaldi

1. Capim-brachiaria. 2. Pastagens. 3. Sorghum bicolor.
Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

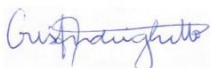
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Consórcio de híbridos de sorgo com o capim marandu na região da Nova Alta Paulista

AUTOR: JOÃO VITOR FRANÇA PIROLA

ORIENTADORA: CRISTIANA ANDRIGHETTO

COORDENADOR: LEANDRO TROPALDI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Profa. Associada CRISTIANA ANDRIGHETTO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal - DPA / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - FCAT - UNESP



Prof. Dr. LEANDRO COELHO DE ARAUJO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA

Dracena, 27 de fevereiro de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

João Vitor França Pirola, nascido em 10 de maio de 1996, na cidade de Dracena/SP. Filho de Marcio Aurelio Pirola e Sandra de Oliveira França. Ingressou na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciência Agrárias e Tecnológicas, campus de Dracena em fevereiro de 2015, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em dezembro de 2019. Iniciou o curso de mestrado acadêmico “*strictu sensu*” em Ciência e Tecnologia Animal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, interunidades Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas e Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em fevereiro de 2021, submetendo-se a qualificação em 27 de outubro de 2022.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marcio e Sandra, pela dedicação a seu filho e exemplo de honestidade.

A minha orientadora, Cristiana, por não medir esforço e colaboração com o projeto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me manter sempre com saúde para trabalhar e realizar todos os meus objetivos.

A minha família, que esteve em todos os momentos, com amor, compreensão e carinho. Aos meus pais, Marcio e Sandra pelo exemplo e princípios ensinados.

A minha orientadora, Cristiana Andrighetto, pela compreensão, ensinamentos, disponibilidade, profissionalismo, paciência e ética, serei eternamente grato.

A Eng. Agr. Thayná Pereira, pela amizade e incentivo durante todo momento.

Ao meu coorientador Leandro Tropaldi, pelos ensinamentos durante o projeto.

Ao professor Dr. Ricardo Velludo, pelos ensinamentos durante minha graduação que foram aplicados na pós graduação.

Ao Eduardo Magalhães, pela amizade, e por ser um braço direito em todo período de avaliação e desenvolvimento do projeto, serei eternamente grato.

A Marcela (Tardia), João Paulo Chitero e a todos do grupo ILP pela disponibilidade durante as realizações das avaliações e análises em laboratório.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial a Faculdade de Ciência Agrárias e Tecnológicas (FCAT), campus de Dracena, pela minha formação.

A empresa Santa Helena por disponibilizar as sementes de sorgo que foram utilizados durante o experimento.

“Genialidade é 1% inspiração e 99% transpiração.”

Thomas Edison.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e características agronômicas de duas cultivares de sorgo forrageiro em cultivo solteiro e consorciado com a *Urochloa brizantha*, cv marandu, bem como parâmetros produtivos e nutricionais de forrageiras do gênero *Urochloa brizantha*, cv marandu. O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP/Campus de Dracena. Realizou-se um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos: tratamento 1 - sorgo SHS 570 Astral em cultivo solteiro; tratamento 2 - sorgo SHS 570 Astral consorciado com capim-marandu; tratamento 3 - sorgo volumax em cultivo solteiro; tratamento 4 - sorgo volumax consorciado com capim-marandu; tratamento 5 - capim-marandu em cultivo solteiro. Foram avaliados a produtividade por área, massa verde, composição morfologia e química, dos cultivares de sorgo. Para a forragem realizou-se a avaliação de massa seca de forragem, composição morfológica e química. Os dados foram submetidos às análises estatísticas utilizando o programa R, para execução do teste de normalidade e homogeneidade, para determinar a análise de variância, e comparação de médias pelo teste T, considerando-se significativas quando $p < 0,05$. O tipo de cultivo não foi capaz de influenciar significativamente a produtividade das duas cultivares de sorgo, mas foi capaz de influenciar a produtividade do capim-marandu.

Palavras-chave: Capim-brachiaria. Pastagens. Sorghum bicolor.

ABSTRACT

The goals of this work was to evaluate the production and analyze the agronomic characteristics of two forage sorghum cultivars in single cultivation and in intercropping with *Urochloa brizantha*, cv marandu, as well as the productive and nutritional characteristics of forage plants of the genus *Urochloa brizantha*, cv marandu. The experiment was carried out at the Faculty of Agricultural and Technological Sciences, UNESP/Dracena Campus. A randomized block design was carried out with five treatments, with treatment 1; sorghum SHS 570 Astral in single cultivation, treatment 2; sorghum SHS 570 Astral intercropped with marandu grass, treatment 3; sorghum volumemax in single crop, treatment 4; sorghum volumax intercropped with marandu grass, treatment 5; marandu grass in single cultivation. Productivity per area, green mass, morphological and chemical composition of sorghum cultivars were considered. For forage, forage dry mass, morphological and chemical composition were evaluated. The data were left to statistical analysis using the R program, for the execution of the normality and homogeneity test, to determine the analysis of variance, and comparison of means by the T test, considering occurrences when $p < 0.05$. The type of cultivation was not able to significantly influence the productivity of the two sorghum cultivars, but it was able to influence the productivity of marandu grass

Keywords: Grass. Pasture. Sorghum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da área experimental.....	24
Figura 2: Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima no período de dezembro de 2021 a abril de 2022.....	24
Figura 3: Croqui da área experimental com a disposição de parcelas e tratamentos ..	25
Figura 4: Semeadura do sorgo na área experimental	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Característica química inicial do solo na profundidade de 0 a 20cm na área experimental, Dracena – SP	26
Tabela 2 - Variáveis de crescimento e produtividade de sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consorcio com a U. brizantha cv Marandu	32
Tabela 3 - Variáveis de produtividade de sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consorcio com a U. brizantha cv Marandu	33
Tabela 4 - Desdobramento da interação do diâmetro basal do colmo do sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consorcio com a U. brizantha cv Marandu, no momento da colheita do sorgo.	34
Tabela 5 - Análise bromatológica do sorgo em cultivo solteiro e consorciado	34
Tabela 6 - Análise bromatológica do capim marandu em cultivo solteiro e consorciado	35

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GEE	Gás de efeito estufa
Mt	Mil toneladas
CO ²	Dioxido de carbono ou Gas carbonico
IPL	Integração Lavoura Pecuária
SIPA	Sistemas integrados de produção agropecuário
SPD	Sistema de Plantio Direto
MS	Matéria Seca
m	Metro
t ha ⁻¹	Toneladas por hectare
Kg	Quilograma
kg MS ha ⁻¹	quilos de matéria seca por hectare
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
SHS 570	Sorgo cultivar Santa Helena 570 Astral
VOL	Sorgo cultivar Volumax
cm	centímetros
g i.a. ha ⁻¹	gramas de ingrediente ativo por hectare
PRNT	Poder relativo de neutralização total
t/ha	toneladas por hectare
Kg N ha ⁻¹	Quilos de nitrogênio por hectare
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
K ₂ O	Óxido de potássio
DAP	Difosfato de amônio
AP	Altura de planta
CP	Comprimento da panícula
DBC	Diâmetro basal de colmo
MGP	Massa de grãos por panícula
EFP	Estande final de plantas
NPha	Número de panículas por hectare
IP	índice de panículas
M1.000	Massa de mil grãos
PB	Poteína bruta

LIG	Lignina
Hemi	Hemicelulose
CEL	Celulose
MM	Matéria mineral
SG	Sorgo granífero
SDA	Sorgo dupla aptidão
SF	Sorgo forrageiro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.1 Objetivos Específicos.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Sistemas integrados de produção agropecuário (SIPA).....	18
3.2. Utilização do sorgo em integração lavoura pecuária.....	19
3.3. Forrageiras em sistema integrados de produção (SIPA).....	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1. Instalação e tratos culturais.....	26
4.2. Determinação da produtividade do sorgo.....	28
4.3. Avaliações da forragem.....	28
4.4. Análise dos dados	29
5. RESULTADOS	31
5.1 Características agronômicas e nutricionais do sorgo	31
5.2 Características agronômicas para o capim-marandu	36
6. DISCUSSÃO	36
6.1. Característica agronômica e nutricionais do sorgo	36
6.2. Características agronômicas do capim-marandu.....	38
7. CONCLUSÃO.....	41
8. REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro além de extenso, apresenta aproximadamente 154 milhões de área ocupado por pastagens (IBGE, 2017). Predominantemente nessas áreas de pastagens a maioria delas são áreas marginais que foram destinadas a pecuária e grande parte estão sob algum estágio de degradação, isso decorrente a manejos inadequados. Caracterizam-se pelo baixo acúmulo de forragem e baixa oferta por animal, resultando em desempenho animal menores e menor benefícios ambientais com sequestro biológico de carbono e maiores impactos negativos

O Brasil possui aproximadamente 224 milhões de bovinos (IBGE, 2021), sendo um dos maiores exportadores de carne, exportando 1,26 milhões de toneladas anual (ABIEC, 2022). De acordo com o CEPEA (2019), a carne brasileira representa 20% de todo o comercio mundial de carne bovina, junto com outras commodities agrícolas que totalizam 21% do produto interno brasileiro. Destacando a importância da pecuária para o Brasil, é necessário estabelecer sistemas sustentáveis, rentáveis e produtivos. Uma das formas é a intensificação, que reduz a quantidade de metano por kg de carne ou leite produzido e aumenta o sequestro de CO₂ com pastagens manejadas intensivamente. Desse modo, melhora-se o balanço de gases emissão x sequestro.

Os sistemas de integração lavoura pecuária (ILP) se encaixam bem nesses sistemas produtivo e sustentáveis, pois une a produção de grãos e carne, promovendo sinergismo e maximização da área em mais de uma produção, comumente utilizada para a produção de grãos e animais. O ILP traz benefícios para o sistema em fertilidade de solo (OCHSENER *et al.*, 2010) e ciclagem de nutrientes (GARCIA *et al.*, 2008), sendo utilizado para a renovação e recuperação de áreas degradadas. Os métodos para implantar sistemas integrados podem variar, tanto nas formas quanto nos componentes que irão compor o sistema.

O Brasil tem implantado esse sistema com consorcio de culturas anuais com gramíneas tropicais, (BORGUI *et al.*, 2013). Com isso depois de realizada a colheita das culturas anuais utiliza-se o pasto para o pastoreio com bovinos (CRUSCIOL *et al.*, 2015).

A produção pecuária em pastagem se baseia em crescimento forrageiro, utilização e conversão da forragem pelo animal (HODGSON, 1990). Esses fatores de manejo no sistema de produção em pastagens para se obter com eficiência acúmulo, consumo e conversão em carne ocorrem também em sistemas integrados de produção agropecuária, porém existe uma competição por recursos como luz, água e nutrientes entre a cultura e o pasto e por isso saber o momento ideal para estabelecimento da cultura é de suma importância.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma opção para produção de grãos na safra em regiões com incidências de veranicos, devido a menor necessidade de precipitação pluvial em relação ao milho (OLIVEIRA *et al.*, 2010; ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). A melhor produtividade do sorgo em regiões que ocorrem veranicos é devido a sua maior tolerância ao estresse hídrico comparado ao milho e também por ter um sistema radicular profundo, e pode ser consorciado com uma gramínea para segunda safra e posteriormente realizar o pastejo com bovinos, tornando-se uma alternativa para algumas regiões. Adicionalmente, a cultura apresenta maiores teores de carboidratos solúveis em relação a gramíneas forrageiras, fundamentais no processo de fermentação láctica para produção de uma silagem de qualidade para os animais.

Existem no mercado diferentes tipos de sorgo, podendo ser o granífero para produção de grãos, forrageiros para a produção de silagem e dupla aptidão, com intuito de produção de grãos e massa vegetal e isso influencia no crescimento do capim em consorcio, com isso se faz necessário analisar a produtividade do capim com diferentes sorgos forrageiro e a influência que cada cultura exerce sobre a outra.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar se cultivares de sorgo consorciadas com capim marandu (*Urochloa brizantha* cv: Marandu) melhora as características produtivas das culturas em sistemas de integração lavoura-pecuária.

2.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar o potencial produtivo de duas cultivares de sorgo para produção de silagem e da gramínea cultivados em sistema consorciado e solteiro.
- Analisar através das variáveis se o consorcio do capim-marandu com os diferentes sorgos forrageiro pode ser uma alternativa para produção na segunda safra.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Sistemas Integrados de Produção Agropecuário

Os SIPA consistem em produzir diversas atividades em uma mesma área, com intuito de práticas sustentáveis e produtivas. No Brasil o consórcio de plantas anuais produtoras de grãos com pastagens perenes tem como intuito a produção de bovinos na entressafra e manter a cobertura de solo (ALMEIDA *et al.*, 2017)

De acordo com Balbino *et al* (2011), no sistema ILP a forma de integração varia, podendo ser por rotação, consorcio e sucessão. Dentro destas formas, três modalidades destacam como forma de produção no Brasil, sendo: a introdução de culturas graníferas, como forma de renovação de áreas em estágio de degradação; o cultivo de grãos, onde o cultivo de forragem tem intuito de manter a cobertura do solo, promovendo melhorias na qualidade de solo, podendo ter uma abertura para a produção de bovinos na entressafra e por último a rotação de pasto com lavoura (BALBINO *et al.*, 2012).

A escolha da modalidade a ser utilizada varia de acordo com o objetivo de cada produção, podendo ser realizada com várias combinações englobando a espécie forrageira, espécie animal, tempo de utilização da lavoura e pastagem e outros modos (SALTON *et al.*, 2013).

A inclusão de plantas forrageiras com culturas produtoras de grãos reduz significativamente a perda de solo por erosão (JOSHI; TAMBE, 2010; MONETENEGRO *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2014), além de diminuir ocorrências de plantas invasoras (CONCENÇO *et al.*, 2012; UCHINO *et al.*, 2012; SCOPEL *et al.*, 2013). Essa diversificação de produção é viável economicamente, pois, gera uma estabilização de renda, promove práticas sustentáveis e melhora a fertilidade de solo, ocasionando maior acúmulo e massa de forragem, com isso aumentando a produção de bovinos em uma mesma área (ALVARENGA *et al.*, 2006).

De acordo com Nicodemo *et al.* (2004), os SIPA promovem um desenvolvimento sustentável, conservação de recursos naturais e sequestro de carbono. Além desses benefícios, o interesse pelos SIPA é também pelo programa de agricultura de baixo carbono que disponibilizou recursos para

implantação e pesquisa de aproximadamente 4 milhões de hectares até 2022, promovendo um sistema sustentável (BRASIL, 2010). Outro ponto que beneficia a adoção pelo SIPA para pecuaristas é a produção de grãos para amortizar os custos com renovação de áreas de pastagens, isso se dá pela venda dos grãos ou até mesmo pelo uso dos grãos para os animais, com isso promove também melhoria nas características físicas e químicas do solo (CARVALHO *et al.*, 2002).

Diante de um cenário que busca produções sustentáveis e pelo alto preços dos insumos na produção animal, o SIPA vem ocupando uma posição de destaque, em especial pelo incremento na renda, pois terá a possibilidade de produção dos insumos animal na própria área, além de todo conceito sustentável que envolve o sistema, torna a atividade mais interessante e complexa. A complexidade se dá pelos vários fatores envolvidos no sistema de produção, tornando-se necessário o avanço em pesquisa neste segmento, produzindo informações técnicas, relevantes e específicas que atenda toda a demanda do sistema.

3.2. Utilização do Sorgo em Integração Lavoura Pecuária

O sorgo é uma cultura agrícola que atualmente vem ganhando destaque por apresentar uma tolerância natural a condições de estresse hídrico, (CANIATO *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2018). No contexto de ILP o sorgo tem sua importância na produção de grãos ou conservação de alimentos para período seco do ano (BASSO *et al.*, 2012).

De acordo com Ceccon *et al.* (2013) em SIPA pode-se produzir uma forragem produtiva na estação seca, dependendo da região e precipitação acumulada, silagem para a suplementação estratégica dos animais e cobertura de solo para o plantio direto. Com isso o sorgo além de ser uma alternativa viável para regiões que ocorrem veranicos pode ser uma alternativa na suplementação dos animais.

Segundo Neumann *et al.* (2002), a cultura do sorgo apresenta facilidade para a semeadura, manejo, armazenamento e um alimento de bom valor nutricional para os animais. Em trabalho realizado por Rezende *et al.*, (2016), com integração de sorgo e gramíneas forrageiras não foram encontradas interferência na produção, rendimento de massa seca, folhas, panícula e planta

inteira. Esses resultados são interessantes, pois além da silagem do sorgo pode-se obter um pasto de qualidade para alimentação dos animais (TIMOSSO, 2007). Mesmo em função disso é importante o planejamento da escolha do híbrido e a forma de estabelecimento com a gramínea para o sucesso da integração (PARIZI *et al.*, 2009).

Em trabalho de Kluthcouski *et al.* (2000), avaliando capim marandu em consórcio com sorgo encontraram redução de 2% na produção de grãos, quando comparado ao monocultivo de sorgo e essa redução na produtividade foi justificada pela competição de nutrientes, em específico o nitrogênio. Mateus *et al.* (2011) destacaram que alta massa de palhada no solo deixada pelo capim em sistema SPD pode diminuir o estabelecimento do sorgo quando cultivado em sucessão. Com isso, a utilização de animais na entressafra é benéfica, pois, irá com o pastejo diminuir essa massa de forragem no sistema.

Basicamente as diferenças agronômicas do SF para o SG é a altura da planta: SF apresenta uma altura maior do que o SG, em torno de 2,5 a 3m de altura, consequentemente possui maior massa verde e menor produção de grãos e o ciclo fenológico mais longo. Com isso o processo de ensilagem se dá com 110 dias em média (CANDIDO *et al.*, 2000).

Para fins zootécnicos da produção de silagem, alguns parâmetros como produção de massa verde e massa seca é fundamental. Sendo a segunda de maior importância pois a massa seca é realmente o que o animal irá aproveitar do alimento e onde encontra maior parte dos nutrientes (NEUMANN, 2002). Com isso a escolha do híbrido, época de plantio, tratamentos culturais é fundamental para uma boa produção por hectare e também as proporções de folha, colmo e panícula interfere na qualidade da silagem (IBRAHIM, 2007). Isso corrobora com Van Soest (1994), que de modo geral a qualidade dos alimentos é dada pelo valor nutritivo e este é demonstrado pela composição química e digestibilidade destes constituintes. De acordo com Fernandes *et al.* (2009), a utilização do sorgo se justifica pelas qualidades agronômica e zootécnica, apresentando valores ótimos de carboidratos solúveis e bom valor de matéria seca.

Para o SF, Botelho *et al.* (2011), encontrou resultados de altura de 2,10 a 2,35m, valores próximos encontrados por Chiesa *et al.* (2008), onde obteve altura de 1,72; 2,16 e 2,52m para os híbridos de sorgo o AG2005E, AG60298 e BR101. Em relação a produção sorgo em sistemas integrados, Cruz *et al.* (2016),

avaliando o sorgo consorciado com capim Marandu obteve 22,1t ha⁻¹, já o sorgo solteiro obteve 45,3 t ha⁻¹, quando avaliou-se a produção de massa verde total (forrageira e sorgo) não obteve diferença significativa. Em relação a composição do sorgo a panícula é fundamental, pois nela que se encontra os melhores valores de carboidratos solúveis e com isso maior valor nutritivo. Seguindo no trabalho, Cruz *et al.* (2016), obteve melhor percentual de panícula para sorgo consorciado com capim Mombaça (15,5%) seguido do capim Marandu (12,2%)

Em trabalho realizado por Almeida (2010) com 3 densidades de capim *U. brizantha* cv piatã 2,4 e 6 kg de sementes puras e viáveis associada ao cultivo do sorgo BRS 800, obteve que o aumento da densidade de sementes não alterou a produção do SF, mas por outro lado o aumento na densidade da forrageira aumentou a produtividade do capim. Isso é interessante pois favorece o sistema de integração e o aumento na produção de capim melhora o desempenho dos animais.

3.3. Forrageiras em Sistema Integrados de Produção (SIPA)

Aproximadamente 85% das pastagens brasileiras são do gênero *Urochloas* (VALLE, *et al.*, 2014). O domínio territorial deste gênero é histórico, sendo relato por Macedo (1995), depois reportado por Andrade (2001).

De acordo com Keller-Grein *et al.* (1996), este gênero pertence à família das *Poaceae*, classificação superior *Paniaceae*, predominantemente de regiões tropicais e subtropicais. Uma das características de sua predominância em território brasileiro é capacidade adaptativa e produtiva. Sendo relatada por Euclides (2008), que um dos principais sucessos do gênero *Urochloa* é manter uma boa produtividade e qualidade em solos de baixo e médio fertilidade. Outro fator é a resistência de algumas cultivares a cigarrinhas-das-pastagens (VALLE *et al.*, 2000).

As gramíneas que são caracterizadas pela rota fotossintética C4, possuem como principal componente a formação de perfilhos ou fitômeros. Esses perfilhos são unidades de crescimento de um pasto, que quando bem manejado não degradam, mas seus perfilhos possuem ciclo de vida finito e em função disso a persistência de uma planta forrageira é basicamente a sua capacidade de renovação de perfilhos ou seja, substituição dos perfilhos

(COVILL; MARSHALL, 1984). De acordo com Casagrande *et al.*, (2010), o conhecimento desses aspectos entre morfologia e morfogênese possibilita tomada de decisão em qual manejo a ser adotado. Em virtude disso, o componente forrageiro em SIPA pode se beneficiar de adubações residuais e restos culturais com maior produção de perfilho, acúmulo de forragem e apresentar melhor valor nutricional (BALBINO JUNIOR *et al.*, 2009).

A forma como será estabelecida a forrageira dentro do sistema integrado podem variar. De acordo com Macedo e Araújo (2012), uma alternativa é lavoura 4 anos e forragem 4 anos. Salton *et al.*, (2013) apresentam lavoura 1 ano e pastagens nos próximos 3 anos. Vilela *et al.*, (2017) trabalharam com pastagem estabelecida na entressafra do cultivo da agricultura, denominando-se "Boi safrinha", uma alternativa para uma utilização da área em uma época de pousio.

A persistência segundo Adami *et al* (2010), é uma das características que podem classificar as pastagens como uma planta perene, as outras características são valor nutricional, aceitação pelos animais, rápido estabelecimento, persistência de pastejo e resistência as pragas. As formas como são concentrados os trabalhos com forrageiras são de maioria de formas exclusivas, o ambiente de sistemas integrados é mais complexo e traz consigo inúmeras possibilidades de integração, com isso, tem a necessidade de alguns materiais adequados para determinado sistema, para que eles possam expressar todo o seu potencial de produção (SEKIYA, 2019).

Em trabalho realizado por Silva *et al.*, (2020), avaliando o acúmulo de forragem total e massa de forragem em sistemas integrados obteve que o acúmulo total de forragem em ILP foi 127% maior que no sistema de monocultura e silvipastoril, e a massa de forragem em ILP foi 40% maior do que em sistema de monocultura e 77% maior do que em sistema silvipastoril. Seguindo em trabalhos de produção de capim nos diferentes sistemas integrados comparado a monocultivo. Carvalho *et al.*, (2019), avaliando o acúmulo de forragem total, massa de forragem da *U. brizantha* cv marandu nos diferentes sistemas, sendo apenas pecuária, integração lavoura pecuária, lavoura pecuária floresta e lavoura floresta pecuária, obteve que o acúmulo de forragem total no sistema de apenas pecuária foi 19.5 t MS ha⁻¹, para o ILP foi de 21.31 t MS ha⁻¹. Ainda neste estudo para a variável massa de forragem o melhor resultado foi para o sistema

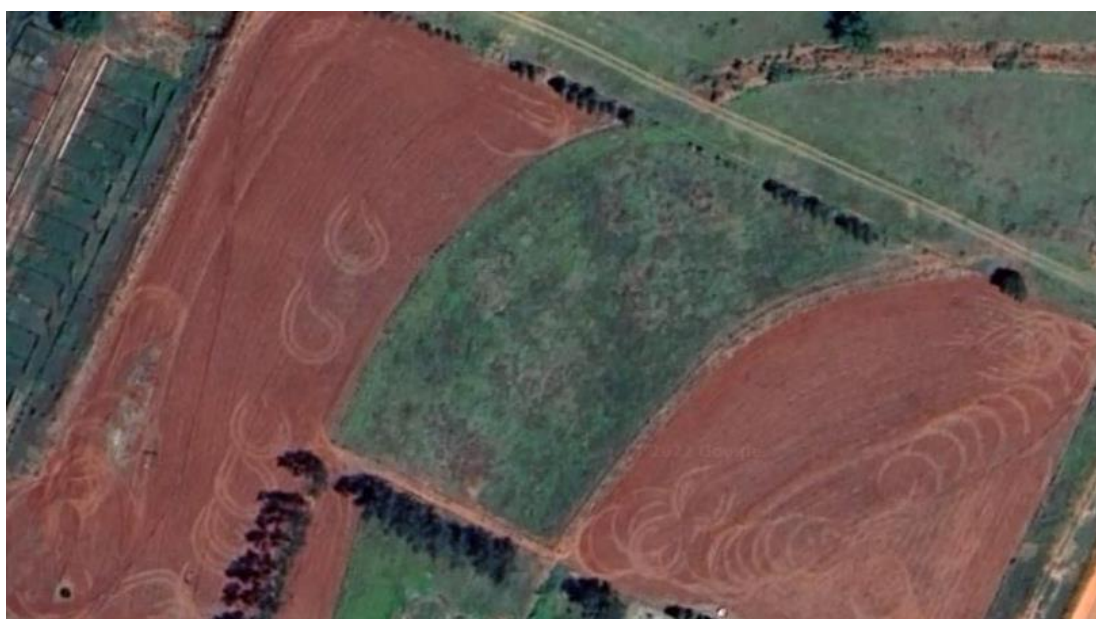
lavoura pecuária ($5.35 \text{ t MS ha}^{-1}$) comparado ao sistema de apenas pecuária ($4.22 \text{ t MS ha}^{-1}$) e lavoura pecuária floresta (4.3 t MS ha^{-1}).

Nos SIPA, observa-se um aumento na qualidade e valor nutritivo das forrageiras, isso por conta de práticas sustentáveis e conservacionistas e também atribuído a mineralização de matéria orgânica, correção de solos. Corroborando com isso, Carvalho *et al.*, (2019), trabalhando com capim marandu em diferentes sistemas integrados obteve que o valor da PB do capim para o sistema lavoura pecuária floresta foi de $130 \pm 180 \text{ g kgMS}^{-1}$, já a proteína bruta nos sistemas de apenas pecuária foi de $112 \pm 180 \text{ g kgMS}^{-1}$. Não foram encontradas diferenças para FDN e FDA nos diferentes sistemas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

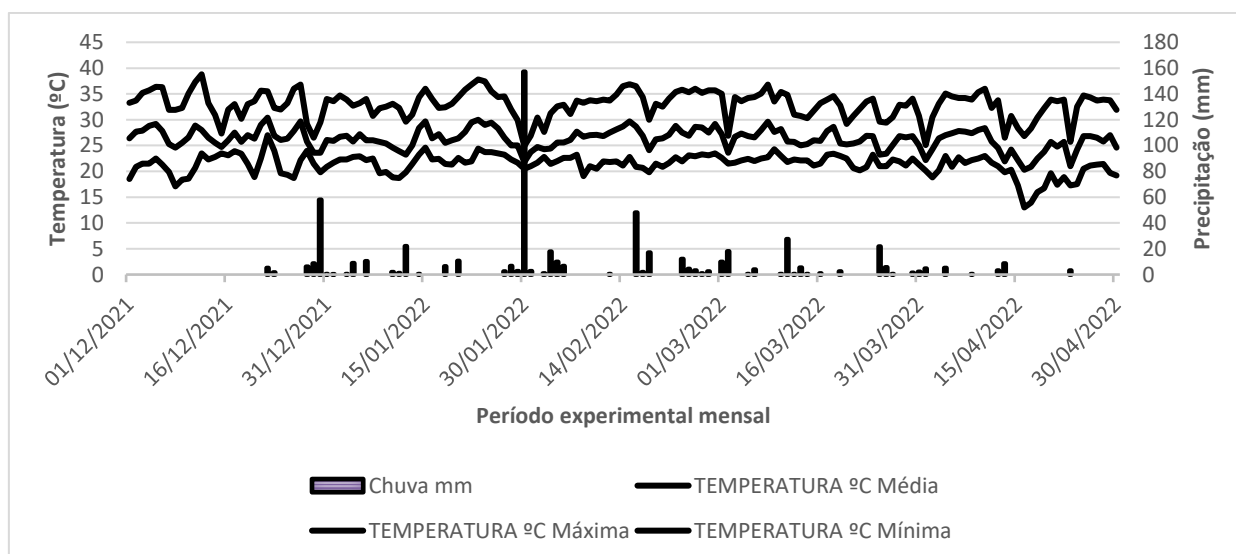
O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp/Campus Dracena, nas coordenadas geográficas 21°27' Sul e 51°33' Oeste de Greenwich, altitude média de 378m na área 1,8 hectares. O clima da região, segundo a classificação Köppen é do tipo Aw, tropical com estação seca definida, com precipitação média anual de 1.132 mm e temperatura média anual de 23,9°C. O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2021 a abril de 2022.

Figura 1 - Imagem da área experimental



Fonte: Adaptado do Google Earth

Figura 2 - Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima no período de dezembro de 2021 a abril de 2022

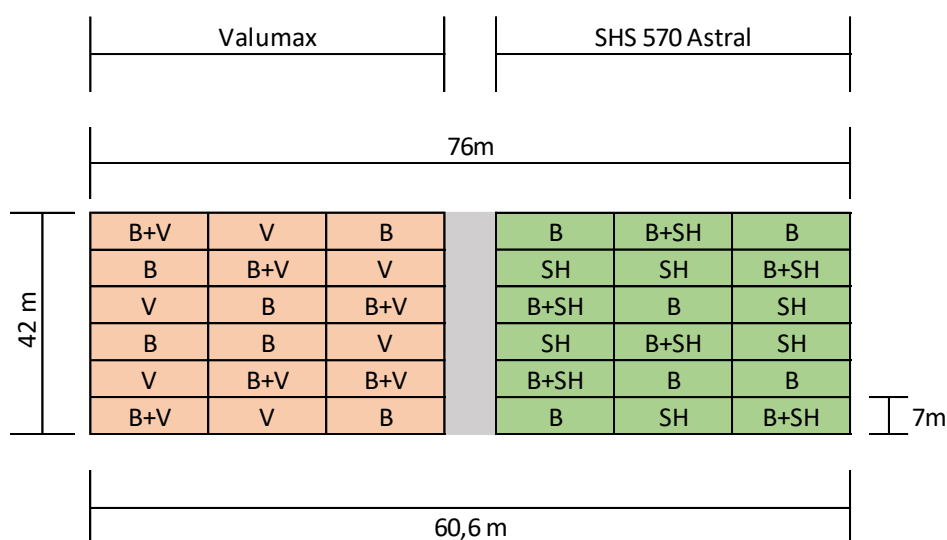


Fonte: Elaborado pelo autor

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis repetições e cinco tratamentos: Tratamento 1: cultivo do sorgo Santa Helena 570 Astral (SHS 570) solteiro; Tratamento 2: Cultivo do sorgo Volumax (VOL) solteiro; Tratamento 3: Cultivo do sorgo 570 Astral (SHS 570) consorciado com *U. Brizantha* cv Marandu, Tratamento 4: Cultivo do sorgo Volumax (VOL) consorciado *U. Brizantha* cv Marandu; Tratamento 5: Cultivo solteiro da *U. Brizantha* cv Marandu.

As cultivares de sorgo foram escolhidas por apresentar altas produções de massa verde e boa participação de grãos, enquanto o capim utilizado foi a *Urochloa brizantha*, cv. Marandu.

Figura 3 - Croqui da área experimental com a disposição de parcelas e tratamentos



Fonte: Elaborado pelo autor

O solo da área experimental é classificado como Argissolo vermelho distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA,2013), que antes possuía pastagem degradada de capim *Urochloa decumbens* cv. Basilisk a mais de 10 anos, em alto nível de degradação. Por isso, antes da instalação do experimento, o solo foi caracterizado quimicamente após a coleta de amostras de solo (0-20 cm), seguido por análise conforme Van Raij *et al.* (1985). Posteriormente, em outubro de 2021, a área foi dessecada com glyphosate (1.800 g i.a. ha⁻¹) e o solo preparado por meio de gradagem pesada, aração e correção de solo conforme

a necessidade indicada na análise de solo. Com base nos resultados da análise de solo, foi realizado a aplicação de 1,6 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 100%). Em dezembro 2021, foi realizado a semeadura dos cultivares de sorgo e capim. O sorgo foi colhido para silagem em abril de 2022

Tabela 1 - Característica química inicial do solo na profundidade de 0 a 20cm na área experimental, Dracena – SP

Característica químicas	Profundida de solo (m)
0 - 20 cm	
P resina (g dm ⁻³)	3
M.O (g dm ³)	6,00
pH (CaCl ₂)	4,63
K (mmolc dm ³)	0,47
Mg (mmolc dm ³)	2,33
H+Al (mmolc dm ³)	19,33
Al (mmol dm ³)	1,33
S-SO ₄ (g dm ³)	3,00
V%	36,33

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 Instalação e Tratos culturais

Cada parcela constituiu de 7 metros de comprimento e 4 linhas de largura espaçadas a 0,90 cm, totalizando 8,4 m² por parcela e 302,4 m² de área total avaliada, as avaliações foram realizadas nas duas linhas do meio de cada parcela em um comprimento de 5 metros, excluindo um metro de cada lado.

No dia 31 de dezembro de 2021 foi realizado a semeadura da gramínea e dos cultivares de sorgo simultaneamente. A gramínea foi semeada a lanço manualmente (5 kg de sementes puras e viáveis por hectare ou 500 pontos de valores culturais) e incorporada com a grade niveladora. Em seguida foi semeado o sorgo forrageiro, VOL e SHS 570 Astral, uma semeadora com 5 linhas espaçadas a 0,90 cm, com uma profundidade de 0,03m e 14 sementes de sorgo por metro. Devido a problemas na semeadora, após a emergência das plantas foi realizado o arranquio e padronização de 5 plantas por metros, afim de evitar qualquer influência entre as culturas.

A adubação de fundação foi realizada no dia 22 de dezembro de 2021 com 670 kg ha⁻¹ do fertilizante 04:14:08, fornecendo 26,8 Kg N ha⁻¹, 93,8 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 53,8 Kg K₂O ha⁻¹, seguindo recomendações de Cantarella, Rajj e Camargo (1997), para produção da cultura do sorgo forrageiro e produção de silagem. Nos

dias 03 e 04 de fevereiro de 2022, foram realizadas manualmente a adubação cobertura com 160 kg ha^{-1} de cloreto de potássio ($96 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) e 420 kg ha^{-1} de sulfato de amônio (84 Kg N ha^{-1}), no momento em que as plantas se apresentavam no estágio fenológico V6, de acordo com (CATARELLA *et al.*, 1997).

Figura 4 - Semeadura do sorgo na área experimental



Fonte: Dados da pesquisa do autor

No dia 03 de março de 2022 foi realizado a biometria do sorgo antes da emergência da panícula, sendo feita em 3 plantas representativas por parcela, a medição da altura de planta, diâmetro basal do colmo e contagem do número de folhas. A medição da altura de planta (AP) foi feita com auxílio de uma régua graduada em milímetros, medindo-se a distância entre o colo da planta a ponta da panícula, o diâmetro basal do colmo (DBC) foi obtido pela medição do segundo entrenó a partir da sua base utilizando um paquímetro, com precisão de 0,1mm, sendo posteriormente transformado para centímetros.

Durante o experimento foram realizados manejos fitossanitários conforme necessário. Para o manejo de plantas invasora e a supressão da forrageira, que

consistiu na aplicação de Atrazina, 3L ha⁻¹ (18DAP); para o controle de lagartas e pulgões, quando atingiu o nível de controle, houve aplicação de lagarticida a base de tiametoxam, piretroide e metomil (Engeo Pleno, Imunite e Lannate), aplicação do acaricida Kumulus, 0,600Kg ha⁻¹ como desalojante de lagarta (200g 100L⁻¹ de calda) e aplicação de inseticida sistêmico imidacloprid (Granary), 0,300Kg ha⁻¹ (300L de calda ha⁻¹) para o controle de pulgões.

Para cada tratamento as silagens foram produzidas do mesmo modo, ou seja, a colheita foi realizada quando a planta atingiu de 30 a 35% de matéria seca, de forma a não ocasionar diferenças significativas nas etapas de corte (altura de corte, velocidade de máquina de corte), enchimento, compactação e fechamento do silo.

As avaliações de rendimento e composição morfológicas das culturas (cultivares de sorgo e gramínea) foram realizadas nos dias 14 e 15 de abril de 2022, momento do corte.

4.2 Determinação da Produtividade do Sorgo

No momento da colheita do sorgo, foram avaliadas as seguintes características agrônomicas e produtivas: AP; CP, DBC; e MGP os quais foram avaliados através de 10 plantas ou panículas, escolhidas ao acaso, por parcela; e o EFP; NPha, obtido pela contagem do número de plantas e panículas nas duas linhas centrais, em cinco metros de fileira de cada parcela; IP (formula 1); obtida pela coleta ao acaso e pesagem as amostras por parcela, por meio da determinação da massa dos grãos colhidos, extrapolada para quilogramas por hectare, a 13% de umidade (CRUSCIOL *et al.*, 2011). A produtividade foi feita por estimativa, onde foram pesadas um número de plantas pré-definido por parcela, e assim calculada a PMV (T ha⁻¹).

$$\text{Formula 1: } IP = \frac{NPha}{EFP}$$

4.3 Avaliações da Forragem

A mensuração da massa seca de forragem foi feita no momento da colheita do sorgo, com o corte de todo material presente no interior de uma moldura metálica com medidas de 1 x 0,5 m (0,5 m²) em 2 pontos representativos de cada parcela. A forragem foi cortada rente ao solo e pesada e

homogeneizada, para ser retirada uma subamostra que foi pesada e levada à estufa com circulação de ar forçada, para determinação da matéria seca a 65°C até atingir peso constante. Após a secagem das subamostras foram novamente pesadas para determinar o teor de matéria seca. Com base na área de amostragem, peso da primeira amostra coletada em campo e o seu teor de matéria seca, os dados foram transformados e expressos para Kg MS ha⁻¹

A composição morfológica do capim foi determinada pela mesma amostra coletada em campo para determinar a massa de forragem, foi coletado uma sub amostra e a separação manual realizado com o auxílio de tesouras nas frações lâmina foliar, pseudocolmo (bainha + colmo) e material senescente, conforme metodologia de Mannetje (1978). Posteriormente, o montante de cada componente foi acondicionado em saco de papel, pesado e levado à estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante e após, foi pesado novamente para o cálculo da matéria seca. Os valores dos componentes morfológicos foram expressos em porcentagem da massa de forragem e depois convertidos para massa seca de cada componente em Kg ha⁻¹.

Para a análise químico-bromatológica da forragem, o material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante e armazenado para posteriores análises químicas. Posteriormente essas amostras foram moídas em moinho tipo “Willey”, utilizando peneira de 1mm. Foram analisados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) segundo metodologia descrita por Silva (1981). A determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) de acordo com metodologia descrita por Van Soest (1991) adaptado por Mertens (2002). A matéria mineral (MM) por meio de queima das amostras em mufla a 550°C.

4.4 Análise dos Dados

Os dados referentes às características agronômicas do sorgo (AP1, AP2, DBC1, DBC2, PMS, PP, IP) foram submetidos a uma análise de variância de duas vias (*two-way ANOVA*) considerando tipo de cultivo e cultivar de sorgo

como fatores. As características agronômicas da braquiária (PMSm, MSF, MSC, MSMM, F:C, F:MS) e bromatologia (FDN, FDA, MS, MM e P) foram analisados através da análise de variância de uma via (*one-way* ANOVA). Os modelos foram construídos utilizando a função “lm” do pacote “stats” e as ANOVA’s obtidas via pacote “rstatix” v. 0.7.0 (Kassambara, 2021). A normalidade e a homogeneidade das variâncias dos erros foram checadas através do pacote “DHARMA” v. 0.4.6 (Hartig, 2022). Quando os tratamentos foram significativos ($P < 0.05$), os efeitos da interação ou principais foram comparados via teste Tukey utilizando o pacote “emmeans” v. 1.7.0. Todas as análises foram feitas no *software* R v. 4.1.1 (R Core Team, Vienna, Austria).

5 RESULTADOS

5.1 Características Agronômicas e Nutricionais do Sorgo

Não houve interação significativa ($P < 0,05$) e diferença ($P > 0,05$) para os efeitos simples para tipo de cultivo (solteiro e em consórcio com a *U. brizantha* cv Marandu) e cultivares de sorgo PP, AP1, AP2, DBC1, IP e PMS (**Tabela 2**).

Somente o (DBC2) apresentou interação significativa (**Tabela 3**). A cultivar VOL em cultivo solteiro apresentou maior DBC2 em relação ao VOL em consórcio. O sorgo SHS 570 Astral não apresentou diferença quando foi conduzida com e sem consórcio com o capim-marandu. O tipo de cultivo interferiu apenas para a cultivar VOL, em que o cultivo consorciado reduziu o DBC em 3 mm (24.5 mm) em comparação ao cultivo solteiro (27.5 mm). Para a cultivar SHS 570 Astral não houve diferença significativa ($P > 0.05$).

Tabela 2 - Variáveis de crescimento e produtividade de sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consórcio com a U. brizantha cv Marandu

	PP Plantas ha ⁻¹	AP1 m	AP2 M	DBC1 Mm	DBC2 mm	IP	PMS Kg MS ha ⁻¹
Cultivar							
SHS 570	54074 ± 11054	1,74 ± 0,18	2,58 ± 0,09	23,64 ± 3,35	24,86 ± 0,86	1,01 ± 0,10	9651,31 ± 1787,20
Volumax	53056 ± 6868	1,61 ± 0,12	2,61 ± 0,09	26,51 ± 3,42	26,02 ± 1,92	1,05 ± 0,08	9136,94 ± 816,87
Tipo de cultivo							
Solteiro	52963 ± 11265	1,65 ± 0,16	2,58 ± 0,07	24,99 ± 4,33	26,37 ± 1,58	1,03 ± 0,12	9802,89 ± 1575,02
Consórcio	54167 ± 6498	1,70 ± 0,18	2,61 ± 0,11	25,17 ± 2,94	24,51 ± 0,89	1,04 ± 0,05	8985,36 ± 1077,23
P valor							
Cultivar	0,40	0,18	0,70	0,60	0,98	0,73	0,53
Tipo de cultivo	0,42	0,58	0,44	0,29	0,27	0,23	0,30
Interação	0,13	0,89	0,78	0,18	0,014	0,17	0,97

P valor destacado em negrito indica fator significativo a P<0.05.

PP: População de plantas; AP1: Altura de planta na primeira avaliação ; AP2 : Altura de planta na segunda avaliação ; DBC1 : Diâmetro basal do colmo na primeira avaliação ; DBC2 : Diâmetro basal do colmo na segunda avaliação ; IP : Índice de panícula ; PMS : Produtividade de massa seca. Fonte: Elaborado pelo autor

Não houve interação significativa ($P < 0,05$) e diferença ($P > 0,05$) para os efeitos simples para tipo de cultivo (solteiro e em consórcio com a U. brizantha cv Marandu) e cultivares de sorgo %MV, %MVP, MVC+F e PMSG (**Tabela 3**). Apenas o MVP apresentou diferença significativa para o tipo de cultivo, onde o cultivo solteiro do sorgo apresentou menor MVP em comparação ao cultivo solteiro.

Tabela 3 - Variáveis de produtividade de sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consorcio com a U. brizantha cv Marandu

	% MVF	%MVP	MVC+F	MVP	PMSG
Cultivar					
SHS 570	74.94 ± 2.56	25.06 ± 2.56	22871 ± 4192.78	7528.97 ± 814.79	5244.26 ± 978.25
Volumax	73.69 ± 2.20	26.31 ± 2.20	21040 ± 2289.34	7509.47 ± 972.30	5905.91 ± 1159.18
Tipo de cultivo					
Solteiro	74.67 ± 2.02	25.33 ± 2.02	20690 ± 2656.84	6970.67 ± 632.92 A	5448.66 ± 844.85
Consórcio	74.04 ± 2.80	25.96 ± 2.80	23191 ± 3810.94	8022.88 ± 796.21 B	5663.41 ± 1312.14
P valor					
Cultivar	0.60	0.60	0.30	0.35	0.36
Tipo de cultivo	0.78	0.78	0.29	0.025	0.70
Interação	0.89	0.89	0.82	0.38	0.83

Letras minúsculas comparam médias nas linhas, enquanto letras maiúsculas comparam médias nas colunas, nas quais as mesmas letras minúsculas e as mesmas letras maiúsculas não diferem significativamente pelo teste Tukey ($P > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Desdobramento da interação do diâmetro basal do colmo do sorgo SHS 570 Astral e Volumax solteiro e plantados em consorcio com a U. brizantha cv Marandu, no momento da colheita do sorgo.

	SHS 570	Volumax
Consórcio	24,52 ± 0,80 Aa	24,50 ± 1,05 Aa
Solteiro	25,20 ± 0,85 Aa	27,54 ± 1,21 Bb

Letras minúsculas comparam médias nas linhas, enquanto letras maiúsculas comparam médias nas colunas, nas quais as mesmas letras minúsculas e as mesmas letras maiúsculas não diferem significativamente pelo teste Tukey (P>0,05). Fonte: Elaborado pelo autor

Houve diferença significativa (P<0.05) nos valores nutricionais do material no momento da ensilagem para as concentrações de FDA e MM em função do tipo de cultivo e cultivares de sorgo. Em geral a concentração de FDA foi maior para o sorgo VOL consorciado com capim-marandu e menor para o sorgo SHS 570 em cultivo solteiro. A concentração de MM foi influenciada pelo capim, onde o VOL consorciado com capim-marandu obteve maior valor de MM e o VOL solteiro menor concentração de MM.

Tabela 5 - Análise bromatológica do sorgo em cultivo solteiro e consorciado

	FDN	FDA	MS	MM	PB
SHS 570 solteiro	62,80 ± 4,15a	27,50 ± 3,53b	31,34 ± 1,78a	3,66 ± 2,59b	8,67 ± 1,16a
SHS 570 + Marandu	64,90 ± 4,87a	33,80 ± 4,97ab	31,76 ± 1,11a	6,77 ± 1,78ab	8,33 ± 3,23a
Volumax solteiro	63,40 ± 6,77a	30,10 ± 7,50ab	31,34 ± 1,87a	2,90 ± 1,90ab	8,08 ± 0,75a
Volumax + Marandu	66,10 ± 2,36a	35,10 ± 2,46 ^a	33,43 ± 1,60a	7,59 ± 2,02 ^a	8,27 ± 1,80a
P valor	0,67	0,037	0,36	0,0060	0,89

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os valores nutricionais do capim marandu, houve diferença significativa ($P < 0,05$) apenas para a concentração de FDA em função do tipo de cultivo e cultivares de sorgo. A concentração de FDA do capim marandu cultivado solteiro foi maior em comparação ao capim em cultivo consórcio para ambos os híbridos de sorgo.

Tabela 6 - Análise bromatológica do capim marandu em cultivo solteiro e consorciado

	FDN	FDA	MS	PB
Marandu solteiro	66.19 ± 10.49 A	40.41 ± 10.50 A	26,79 ± 2,18 A	9.62 ± 0.58 A
Marandu + SHS 570	63.83 ± 18.49 A	23.63 ± 18.49 B	27,65 ± 4,65 A	9.62 ± 0.58 A
Volumax + Marandu	58.59 ± 15.56 A	28.08 ± 15.56 B	24,75 ± 4,46 A	13.54 ± 5.32 A
P valor	0,78	0,02	0,36	0,14

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Características agronômicas para o capim-marandu

Houve diferença significativa ($P < 0.05$) para o cultivo do capim-marandu solteiro em comparação aos cultivos consorciados com sorgo SHS 570 Astral e VOL para PMS, MSMS, MSC, MSF (**Tabela 7**).

O tipo de cultivo influenciou as variáveis, sendo que o capim-marandu em cultivo solteiro apresentou maior PMS, MSMS, MSC e MSF em comparação ao cultivo consorciado com ambos as cultivares de sorgo (SHS570 Astral e VOL).

Tabela 7 - Comparações entre variáveis de capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com sorgo SHS 570 Astral e Volumax

Variáveis	Tratamentos			P Value
	Capim-marandu	Capim-marandu com SHS 570 Astral	Capim-marandu com Volumax	
PMS (kg ha ⁻¹)	5553 ± 1363 a	2361 ± 1147b	2079 ± 794c	0,002
MMS (kg ha ⁻¹)	1366 ± 619 a	672 ± 211b	616 ± 366b	0,006
MSC (kg ha ⁻¹)	3003 ± 1253 a	1047 ± 672b	872 ± 270b	0,002
MSF (kg ha ⁻¹)	1472 ± 334 a	642 ± 314b	590 ± 263b	0,002
F:C (kg ha ⁻¹)	0,54 ± 0,16 a	0,67 ± 0,16 ^a	0,66 ± 0,22 ^a	0,300
F:MS (kg ha ⁻¹)	1,31 ± 0,63 a	0,93 ± 0,24 ^a	1,10 ± 0,68 ^a	0,430

PMS: Produtividade da matéria seca; MMS: Massa seca do material senescente; MMC: Massa seca do colmo; MSF: Massa seca de folhas; F:C: Relação folha colmo; F:MS: Relação Folha: Material Senescente. Valores reportados como média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%. Fonte: Elaborado pelo autor

Entretanto não houve diferença significativa ($P > 0.05$, **Tabela 7**) para as variáveis relação F:C e F:S. O capim-marandu solteiro apresentou 3192 kg a mais que o consorciado com o Sorgo SHS 570 Astral e 3474 que o consorciado com o Volumax.

6 DISCUSSÃO

6.1 Característica Agronômica e Nutricionais do Sorgo

O objetivo principal do estudo foi caracterizar e analisar a produtividade de duas cultivares de sorgo forrageiro em sistema de cultivo solteiro e consorciado com capim-marandu.

Analisando as variáveis de biometria do sorgo, o cultivo solteiro e consorciado não foi capaz de influenciar significativamente a AP, IP e PP. Para

DBC na avaliação realizada no momento da colheita (**Tabela 3**) houve a diminuição significativa ($P < 0.05$) do DBC para a cultivar VOL em sistema de consorcio com capim-marandu, o que também foi encontrado em plantas de sorgo consorciado com capim-paiaguás por Ribeiro *et al.* (2015) e Nakao (2018).

O DBC é importante do ponto de vista de translocação de nutrientes para a panícula, em que plantas com colmos mais grossos possuem capacidade de translocar mais nutrientes para a panícula (MATEUS *et al.*, 2011), além disso plantas com DBC mais grossos são mais resistentes ao tombamento e ação do vento.

As plantas cultivadas em consorcio apresentam competição, o que proporciona o alongamento do colmo para garantir o seu estabelecimento. Este comportamento foi identificado na cultivar VOL consorciada com capim-marandu, mas este fato não foi capaz de influenciar a produtividade de massa seca (PMS)

O consórcio de plantas de sorgo forrageiro com capim-marandu não diminuiu a PMS do sorgo, como é relatado por Sarto *et al.* (2021). Isso ocorre devido a alguns fatores como: o estabelecimento da cultura que foi realizada no verão; a precipitação acumulada foi igual a 560 mm durante o cultivo e está de acordo com a necessidade da cultura do sorgo, que segundo Aguiar *et al.* (2007), é de 300 a 600 mm de precipitação pluvial durante seu ciclo. O suprimento de nitrogênio, no presente trabalho foi realizada de acordo com Cantarella *et al.* (1997) para a produção de silagem de sorgo e que de acordo com os resultados não foi um fator limitante, sendo esse nutriente relevante e tem impacto na produção da cultura (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003). Último fator é que o sorgo apresenta maior crescimento e acúmulo de MS nos estágios iniciais de desenvolvimento devido sua capacidade de interceptação a radiação fotossinteticamente ativa (SAWYER *et al.*, 2010; CRUSCIOL *et al.*, 2011). Resultados semelhantes também foram observados em plantas de milho consorciada com capim por Kluthcouski *et al.* (2003), Borghi *et al.* (2007) e Mateus *et al.* (2016).

Como é apresenta na tabela 2, a PP de sorgo foi de 160.000,00 ha⁻¹ e não obteve diferença significativa entre os tratamentos, devido ao manejo adotado de padronizar a população de plantas. Cruz *et al.* (2017) avaliando o potencial de diferentes cultivares de sorgo em consórcio com capim-paiaguás, obtiveram

o estande para sorgo forrageiro consorciado com capim de 169.998 mil plantas ha^{-1} e 147 mil plantas ha^{-1} para o sorgo com dupla aptidão. Esse resultado foi devido a problemas na semeadora, que não distribuiu uniformemente as sementes, com isso, foi necessário realizar o arranquio de plantas a fim de padronizar a população de plantas para que não houvesse interferência nas variáveis analisadas.

De maneira geral, o cultivo consorciado do sorgo com capim-marandu tendeu a aumentar os valores de fibra (FDN e FDA) em comparação aos cultivares de sorgo em cultivo solteiro. A concentração de fibra da silagem é extremamente importante, pois caracteriza a qualidade da silagem é relacionado com o potencial de consumo pelos animais. Sendo a concentração da FDN indica a quantidade total de fibra volumosa e FDA indica a digestibilidade da silagem. Elevados da fração fibrosa é negativamente relacionado com o consumo dos animais (VAN SOEST, 1994). No presente trabalho as concentrações de fibra segue o padrão, e estão de acordo com os valores encontrados por (VAN SOEST, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 2010 ; QU *et al.*, 2014; COLOMBINI *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2015).

A MS da planta do sorgo foi a variável avaliada para o ponto de colheita. Como é observado na tabela 5, a matéria seca do sorgo variou entre 31% a 33% e os valores estão de acordo com Van Soeste *et al.* (1997). Pode-se observar também que a matéria seca do sorgo solteiro e consorciado não diferiram significativamente, o que significa que a presença do capim não influenciou a matéria seca do sorgo. Plantas colhidas com teor menor que 28 % ou com baixos teores de matéria seca dificulta a fermentação láctica, e pode ocorrer perdas por efluentes e teores acima de 40 % pode ocorrer problemas na compactação do material e consequentemente o desenvolvimento de fungos (VAN SOEST, 1994).

Os valores de PB do presente trabalho estão de acordo com o da literatura para sorgo forrageiro (CRUZ *et al.*, 2017; MIRANDA *et al.*, 2021)

6.2. Características agronômicas do capim-marandu

Diferentemente dos resultados apresentados para os cultivares de sorgo, o tipo de cultivo (solteiro e consorciado) influenciou significativamente para as

variáveis do capim-marandu, sendo que o capim-marandu consorciado com sorgo SHS 570 Astral (2361 ± 1147) e VOL (2079 ± 794) obteve menor PMS quando em cultivo solteiro (5553 ± 1363). Sendo os resultados de PMS próximos ao encontrado por Miranda et al. (2021), que avaliando produtividade do capim-xaraés em consórcio com SF em dois anos de cultivo obteve 1.895 kg ha^{-1} e 2.275 kg ha^{-1} no primeiro e segundo respectivamente e ao de Cruz et al. (2016), analisando a massa seca de forragem do capim-paiáguas em consórcio com sorgo forrageiro (SF), obteve 2.274 kg ha^{-1} .

Devido ao estabelecimento das culturas serem em dezembro e a colheita do sorgo no início de abril, a produção de massa seca de aproximadamente 2.500 kg ha^{-1} do capim-marandu em sistema consorciado é boa, pois, com algumas precipitações pluviais, após a colheita do sorgo, a biomassa do capim aumenta, podendo ser usado para o pastejo animal no inverno, em um momento que o crescimento das pastagens tropicais é limitado (CRUSCIOL et al., 2010; PACHECO et al., 2011). Essa é uma das vantagens do sistema consorciado, pois em regiões de inverno seco é inviável a semeadura do capim no outono/inverno (KLUTHCOUSKI et al., 2003; COSTA et al., 2005), e o cultivo em consórcio em condições suficientes de temperatura e chuvas, beneficia o desenvolvimento do capim-marandu e também serve para acúmulo de biomassa na safra seguinte, podendo utilizar como cobertura morta para o SPD.

O sorgo é uma planta que possui maior crescimento inicial comparado ao capim-marandu, que pode levar até 15 dias para sua germinação (OLIVEIRA et al., 2020), e isso, promove um crescimento mais rápido, causando sombreamento sobre o capim e retardando seu crescimento, outro fator que pode auxiliar esse maior crescimento inicial é a adubação nitrogenada no plantio, no presente trabalho foi realizada aplicação de $26,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, de acordo com a exigência da cultura do sorgo (CANTARELLA et al., 1997). Caso não seja aplicado nitrogênio no plantio pode ocorrer maior acúmulo de matéria pelo capim-marandu nos primeiros dias, resultando em competição interespecífica (ALMEIDA et al. 2017).

Em função da maior PMS no cultivo solteiro do capim-marandu, ocorre maior respiração e senescência do capim Martuscello et al. (2017), o que foi possível observar para as variáveis de MSF, MSC e MSMS, sendo que no cultivo consorciado houve uma diminuição significativa ($P < 0.05$) nessas variáveis para

ambos os materiais de sorgo (SHS 570 Astral e VOL). Este fato ocorreu devido a competição interespecífica e o sombreamento que a cultura do sorgo causou no capim-marandu, sendo refletido na menor PMS nos sistemas em consórcio e as maiores valores para o cultivo solteiro. Quando o dossel forrageiro ultrapassa o IAF crítico (95% de interceptação luminosa), aumenta a taxa de senescência, e morte dos tecidos Parsons e Penning, (1988), no presente trabalho em função do tempo de colheita do sorgo, o capim-marandu passou do IAF crítico, justificando o aumento nessas variáveis em comparação ao sistema consorciado.

Essa competição que diminuiu a PMS não foi capaz de alterar a estrutura do capim-marandu, pois, com a diminuição da PMS no sistema consorciado ocorreu também a diminuição de MSF, MSC e MSMS proporcionalmente e não refletiu em diferença significativa nas variáveis F:C e F:MS, diferentemente do que foi observado por Oliveira *et al.* (2020) avaliando a composição morfológica de diferentes *Urochloas* em consórcio com sorgo.

Uma das características que se destaca do sistema consorciado, é o uso produtivo da terra durante o ano, sendo possível produzir três safras, uma das opções é o plantio de soja no verão, sorgo consorciado com forrageiras na segunda safra e a produção de animais no inverno nos pastos formados através do consórcio (MELOTTO *et al.*, 2017). Outra vantagem é a ciclagem de nutrientes promovida pelo capim-marandu, devido a biomassa e sistema radicular profundo (COSTA *et al.*, 2016), o que aumenta a absorção de nutrientes nas camadas mais profunda do solo e a disponibilização desses nutrientes na camada superficial pela mineralização do capim (NASCIMENTO *et al.*, 2013), ou a reciclagem via pastejo animal (de FACCIO CARVALHO *et al.*, 2010).

Os nossos dados sugerem que o sistema consorciado possui capacidade para contribuir com a pecuária forrageira, que são caracterizadas pelo baixo custo de produção. Com isso, o Brasil possui capacidade de intensificação sustentável para atender a demanda crescente de alimentos e o sistema de consórcio é uma alternativa, visto a produção de uma cultura anual e capim que pode chegar a 18.000 kg MS ha⁻¹ ano, resultando na produção de até 926 kg ha⁻¹ ano de produção animal (CARVALHO *et al.*, 2019).

7 CONCLUSÃO

O sistema consorciado do capim-marandu com as cultivares de sorgo é uma opção viável para a produção de silagem devido as suas características bromatológicas e produtivas.

O sistema consorciado do capim-marandu com as cultivares de sorgo não influenciou na produtividade do sorgo.

O sistema consorciado diminui a produtividade do capim-marandu, mas é uma opção interessante para a produção de capim na entressafra.

8 REFERÊNCIAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Beef report**. Brasília: [s.n.], 2022. Disponível em: <http://abiec.com.br/>. Acesso em: 26 abr, 2023.

ADAMI, P.F.; SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L.; SARTOR, L.R.; PITTA, C.S.R.; FRANCHIN, M.F.; MIGLIORINI, F. Dynamic of a papuã pasture under two grazing intensities and two nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2569-2577, 2010.

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2).

ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J.A.S.; BRANT, R.S. 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.

ALMEIDA, R. E. M.; FAVARIN, J. L.; OTTO, R.; PIEROZAN JUNIOR, C.; OLIVEIRA, S. M.; TEZOTTO, T.; LAGO, B. C. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn/palisade grass intercropping system. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 11, n.3, p. 352-359, Mar. 2017.

ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. QUINTINO, A.C. Capim-piatã e sorgo de corte e pastejo no outono-inverno, em integração lavoura-pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA Salvador, 47., 2010, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: UFBA, 2010.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas (MG): Embrapa-CNPMS, 2006. 12 p. (Circular Técnica, n. 80).

ANDRADE, R. P. de. Pasture seed production technology in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings** [...]. São Pedro: SBZ, 2001. p.129-132.

BALBINO JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação do uso das áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009. DOI 10.1590/S0103-84782009005000107

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, [S.l.], v. 138, p. 1-18, 2012.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.;

SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura–pecuária–floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 46, n. 10, p. i–xii, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>. Acesso em: 08 ago. 2019.

BASSO, F. C.; LARA, E. C.; ASSIS, F. B. D.; RABELO, C. H. S.; MORELLI, M.; REIS, R. A. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 1009-1019, 2012.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 954–968, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000400010>. Acesso em: 26 abr. 2023.

BORGHI, E.; MOBRICCI, C.; PULZ, A. L.; ONO, E. O.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento de *Brachiaria brizantha* em consórcio com milho em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, [S.l.], v. 29, p. 91–98, 2007.

BORGUI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P.; NASCENTE, A.S.; MARTINS, P.O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, [S.l.], v.53, p.629-636, 2013. DOI 10.2135/cropsci2012.08.0469.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. D. A.; DE SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; JAYME, D. G.; DOS REIS, S. T. 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. Decreto n.7.390, de 9 de dezembro de 2010. Que institui a política nacional sobre mudança do clima- PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, p. 4, 10 de dez. de 2010.

CÂNDIDO, M. J. D. 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].

CANIATO, F. F.; HAMBLIN, M. T.; GUIMARAES, C. T. Association mapping provides insights into the origin and the fine structure of the sorghum Aluminum Tolerance Locus, AltSB. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. e87438, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087438>. Acesso em: 26 abr. 2023.

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

CARVALHO M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início do florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de

sombreamento natural. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, [S.l.], v. 37, p. 717-722, 2002.

CARVALHO P.; DOMICIANO L. F.; MOMBACH M. A.; NASCIMENTO H. L. B.; CABRAL L. D. S.; SOLLENBERGER L. E.; PEDREIRA D.H; PEDREIRA B. C. Forage and animal production on palisadegrass pastures growing in monoculture or as a component of integrated crop–livestock–forestry systems. **Grass and Forage Science**, [S.l.], v. 74, n. 4, p. 650-660, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12448>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CARVALHO, A. L. S. **Seleção de genótipos de sorgo para produção de silagem**. 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017..

CASAGRANDE, D. R.; RUGGIERI, A. C.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; GOMIDE, J. A.; REIS, R. A.; VALENTE, A. L. S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado 21 sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.], v. 39, n. 10, p. 2108-2115, 2010.

CECCON, G. **Consórcio Milho-braquiária**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 175 p.

CEPEA. **GDP from Brazilian Agribusiness from 1996 to 2018**. 2019. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CHIESA, E. D.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G.; COLVILL, K. E.; MARSHALL, C. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. **Annals of Applied Biology**, [S.l.], v. 104, p. 543-557, 1984.

COLOMBINI, S.; ZUCALI, M.; RAPETTI, L.; CROVETTO, G. M.; SANDRUCCI, A.; BAVA, L. Substitution of corn silage with sorghum silages in lactating cow diets: in vivo methane emission and global warming potential of milk production. **Agric. Syst.**, [S.l.], v. 136, p. 106– 113, 2015. DOI 10.1016/j.agsy.2015.02.006.

COLVILL, K. E.; MARSHALL, C. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. **Annals of Applied Biology**, [S.l.], v.104, p. 543- 557, 1984.

CONCENÇO, G.; CECCON, G.; FONSECA, I. C.; LEITE, L. F.; SCHWERZ, F.; CORREIA, I. V. T., Weeds infestation in corn intercropped with forages at different planting densities. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 721-728, Oct. 2012.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTODIO, D. P.; SILVA, D. C. Effect of seasonal climate condition on the dry matter production and bromatological composition of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciencia Animal Brasileira**, [S.l.], v. 6, p. 187–193, 2005.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; DE SOUZA, D. M. Effect of Intercropped Tropical Perennial Grasses on the Production of Sorghum-Based Silage. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 108, n. 6, p. 2379-2390, 2016.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATHEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops**, v. 94, p. 14–16, 2010.

CRUSCIOL, C. A.; MATEUS, G.P.; PARIZ, C.M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J.P.F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 46, n. 10, p. 1234, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 107, p. 2271-2280, 2015. DOI 10.2134/agronj14.0603

CRUZ, S. S. D. **Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude**. 2016. 161 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138161>. Acesso em: 26 abr. 2023.

DE FACCIO CARVALHO, P. C.; ANGHINONI, I.; DE MORAES, A.; DE SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA LOPES, M. L.; DA SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; DE LIMA WESP, C.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 88, n. 2, p. 259–273, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>. Acesso em: 26 abr. 2023.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [S.l.]: EMBRAPA, 2013, p. 353

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B. do; BARBOSA, R. A.; GONÇALVES, W. V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 43, p. 1805–1812, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/jjq75N8nSXJPGmq5KXZJvMs/?lang=pt>. Acesso em: 26 abr. 2023.

FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; CARVALHO, G. G. P. de; OLIVINDO, C. de S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 38, p. 2111–2115, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/4WPXzLqgd4Z5WzpkgvrPXYs/?lang=pt>. Acesso em: 26 abr. 2023.

GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. 2008. *European Journal of Agronomy*, [s. l.], v.28, p.579-585, 2008. DOI: 10.1016/j.eja.2008.01.002

HARTIG, F. **DHARMA**: residual diagnostics for hierarchical (multi-level / mixed) regression models. R package version 0.4.6. 2022. Disponível em: <http://florianhartig.github.io/DHARMA/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

HODGSON, J. **Gazing management**: science into practice. Essex: Longman scientific & Technical, 1990. 203 p.

IBGE. Censo agropecuário: resultados preliminares. [S.l.]: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017.

IBGE. Censo agropecuário: resultados preliminares. [S.l.]: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021.

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

JOSHI, V.U.; TAMBE, D.T. Estimation of infiltration rate, run-off and sediment yield under simulated rainfall experiments in upper Pravara Basin, India: Effect of slope angle and grasscover. *Journal of Earth System Science*, Bangalore, v. 119, n. 6, p. 763-773. 2010.

KASSAMBARA, A. rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.0. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>. Acesso em: 26 abr. 2023.

KELLER-GREIN, G.; MAAS, B.L.; HANSON, J. Natural variation in Brachiaria and existing germplasm collections. In: MILES, J. W.; MAAS, B. L.; VALLE, C. B. do. (Ed.). **Brachiaria**: biology, agronomy, and improvement. Cali: CIAT, 1996. Cap.2. p.16-42.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.. 'Crop livestock integration.' Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P. de. COSTA, J.L. da S.; SILVA, J.G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).

LIMA, P. L. T.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; QUINTON, J. Soil loss by water erosion in areas under maize and jack beans intercropped and monocultures. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras-MG, v. 38, n. 2, p. 129-139, mar. 2014

MACEDO, M. C. M.; ARAUJO, A. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. *In: SISTEMAS de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 239 p

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. *In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS*, 1995. Brasília. **Anais [...]**. Brasília: SBZ, 1995. p.28-62.

MANNETJE, L. **Measurement of grassland vegetation and animal production**. Aberystwyth: CAB, 1978. 260 p. (CAB Buletin, 52).

MARTUSCELLO, J. A., AMORIM, P. L., FERREIRA, P. S., RIBEIRO, L. S., & SOUZA, M. W. (2017). Morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária. **Revista Ciência Agrícola**, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MELOTTO, A. M.; LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; GITTI, D. C. Implantação do consórcio milho e capins no Mato Grosso do Sul: principais aspectos. *In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M., GITTI, D. C. (Ed.). Tecnologia e produção*. v. 148. Maracaju: Fundação MSI, 2017.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, [s. l.], v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.

MIRANDA, L. P. M. D. **Sorgo consorciado com capim paiaгуás sob diferentes densidades de semeadura de guandu-anão na produção de silagem em rotação com soja no cerrado sob sistema plantio direto**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/204553>. Acesso em: 26 abr. 2023.

MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.de; SINGH, V.P.; SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, Amsterdam, v. 109, p. 139-149, Oct. 2013.

NAKAO, A H. **Consortiação de sorgo granífero ou de dupla aptidão com capim-paiaguás em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* para produção de silagem**. 2018. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153971/nakao_ah_dr_ilha.pd?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 26 abr. 2018.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; COBUCCI, T. The no-tillage system and cover crops: alternatives to increase upland rice yields. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 45, p. 124–131, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030112001232>. Acesso em: 26 abr. 2023.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G. D.; FREITAS, A. K. D. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002.

NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L. R. L. de S.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A. **Sistemas silvipastoris-Introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. p. 1-37. (Documentos).

OCHSNER, T.E.; ALBRECHT, K.A.; SCHUMACHER, T.W.; BAKER, J.M.; BERKEVICH, T.W. Water balance and nitrate leaching under corn in kura clover living mulch. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 4, p. 1169-1178, May 2010.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, E. S.; MATSUMOTO S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

OLIVEIRA, S.; COSTA, K. A.; SEVERIANO, E.; DA SILVA, A.; DIAS, M.; OLIVEIRA, G.; COSTA, J. V. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus *Brachiaria* in Integrated Agricultural Production Systems. **Agronomy**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1714, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1714>. Acesso em: 26 abr. 2023.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 17–25, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011000100003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 26 abr. 2023.

PARIZI, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A. C. S.; SOARES, F. C.; RAMÃO, C. J.; PEITER, M. X.; CALEGARO, L. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 254-267, 2009.

PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and average rate of growth in a rotational grazed sward. **Grass and Forage Science**, [s. l.], v. 43, p. 15-27, 1988.

QU, H.; LIU, X. B.; DONG, C. F.; LU, X. Y.; SHEN, Y. X. Field performance and nutritive value of sweet sorghum in eastern China. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 157, p. 84–88, 2014. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429013004140>. Acesso em: 26 abr. 2023.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing.. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

REZENDE, B. P. M.; JAKELAITIS, A.; TAVARES, C. J.; MARANGONI, R. E.; CUNHA, P. C. R. Consórcio de sorgo com espécies forrageiras. **Revista Agroambiente On-line**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 57-64, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.3052>. Acesso em: 26 abr. 2023.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G.; SEVERIANO, E. C.; SIMON, G. A.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, J. T. Grain sorghum intercropping with *Brachiaria brizantha* cultivars in two sowing systems as a double crop. **Afr. J. Agric. Res.**, [s. l.], v. 10, n. 39, p. 3759–3766, 2015.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus: sistema de integração lavoura–pecuária para a região do Bolsão Sul–Mato–Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Comunicado técnico, n. 186).

SANTOS, C. V. DOS; SILVA, N. S.; MAGALHÃES, J. V.; SCHAFFERT, R. E.; MENEZES, C. B. DE. Performance of grain sorghum hybrids in soils with low and high aluminum saturation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 12–18, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4848851>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SARTO, M. V. M.; BORGES, W. L. B.; BASSEGIO, D.; RICE, C.; ROSOLEM, C. A. Maize and sorghum root growth and yield when intercropped with forage grasses. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 113, n. 6, p. 4900-4915, 2021..

SAWYER, J. E.; PEDERSEN, P.; BARKER, D. W.; RUIZ DIAZ, D. A.; ALBRECHT, K. Intercropping corn and kura clover: Response to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 102, p. 568–574, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0328>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; AFFHOLDER, F.; SILVA, F.A.M. da; CORBEELS, M.; XAVIER, J.H.V.; LAHMAR, R.; RECOUS, S.; BERNOUX, M.; BLANCHART, E.; MENDES, I.C.; DE TOURDONNET, S. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts; a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, v. 33, n. 1, p. 113-130, Jan. 2013.

SEKIYA, B M S. **Produção de bovinos de corte em pastagens de BRS Paiaçuás e BRS Piatã em sistema de integração lavoura pecuária**. 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado emem Ciência e Tecnologia Animal) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, 2019.

DA SILVA, F. S.; DOMICIANO, L. F.; GOMES, F. J.; SOLLENBERGER, L. E.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, [s. l.], v. 94, n. 5, p. 1891–1902, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10457-020-00508-3>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1981. 166 p.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, [s. l.], v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007

UCHINO, H.; IWAMA, K.; JITSUYAMA, Y.; ICHIYAMA, K.; SUGIURA, E.; YUDATE, T.; NAKAMURA, S.; GOPAL, J. Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression under an organic and rotational cropping system 1. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 127, p. 9-16, Feb. 2012.

VALLE, C. B.; BARRIOS, S. C. L.; JANK, L.; SANTOS, M. F. Melhoramento de plantas forrageiras para uma pecuária de baixa emissão de carbono. In: PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. DOS S.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B. (Ed.). **Intensificação da produção animal em pastagens**. Sinop: GEPI, 2014. p. 109–140.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. B. P.; MACEDO, M. C. M. Característica das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

VAN RAIJ, B.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELIINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1985. 107 p. (Boletim Técnico, 100)

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

SOEST, P. J. V.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/fulltext). Acesso em: 26 abr. 2023.

VILELA, L.; MANJABOSCO, E. A.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R. **“Boi Safrinha” na integração lavoura–pecuária no oeste baiano**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2017. 6 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 35).

ZHANG, S. J.; CHAUDHRY, A. S.; OSMAN, A.; SHI, C. Q.; EDWARDS, G. R.; DEWHURST, R. J.; CHENG, L. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 206, p. 29–38, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840115001510>. Acesso em: 26 abr. 2023.