

Intensificação Agropecuária no Cerrado: Implantação de Sistema ILPF com as Culturas do Sorgo Forrageiro, Capim Marandu e Eucalipto na Região Central de Minas Gerais



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
207**

**Intensificação Agropecuária no Cerrado:
Implantação de Sistema ILPF com as Culturas
do Sorgo Forrageiro, Capim Marandu e
Eucalipto na Região Central de Minas Gerais**

Emerson Borghi
Miguel Marques Gontijo Neto
Álvaro Vilela de Resende
Eduardo de Paula Simão
Samuel Campos Abreu
Jeferson Giehl
Derli Prudente Santana
Ramon Costa Alvarenga
Mônica Matoso Campanha
Rosângela Maria Simeão Resende

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Fotos da capa
Emerson Borghi

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Intensificação agropecuária no cerrado: implantação de sistema ILPF com as culturas do sorgo forrageiro, capim Marandu e eucalipto na região central de Minas Gerais / Emerson Borghi ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.
57 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 207).

1. Sistema de cultivo. 2. Agricultura sustentável. 3. Integração lavoura-pecuária-floresta. I. Borghi, Emerson. II. Gontijo Neto, Miguel Marques. III. Resende, Álvaro Vilela de. IV. Simão, Eduardo de Paula. V. Abreu, Samuel Campos. VI. Giehl, Jeferson. VII. Santana, Derli Prudente. VIII. Alvarenga, Ramon Costa. IX. Campanha, Mônica Matoso. X. Resende, Rosângela Maria Simeão. XI. Série.

CDD 633.2 (21. ed.)

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	09
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	23
Considerações Finais.....	53
Referências	54

Intensificação Agropecuária no Cerrado: Implantação de Sistema ILPF com as Culturas do Sorgo Forrageiro, Capim Marandu e Eucalipto na Região Central de Minas Gerais

Emerson Borghi¹

Miguel Marques Gontijo Neto²

Álvaro Vilela de Resende³

Eduardo de Paula Simão⁴

Samuel Campos Abreu⁵

Jeferson Giehl⁶

Derli Prudente Santana⁷

Ramon Costa Alvarenga⁸

Mônica Matoso Campanha⁹

Rosângela Maria Simeão Resende¹⁰

Resumo – Implementar sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), com a inserção do componente florestal disposto em renques na pastagem, exige mudança de paradigmas ainda presentes na atividade pecuária. Na escolha das espécies deve-se levar em consideração uma série de indicadores técnicos, como a atividade principal da propriedade e as características edafoclimáticas da região de cultivo. Este trabalho teve como finalidade demonstrar uma modalidade de intensificação agropecuária sustentável para a região Central de Minas Gerais, por meio da implantação de um sistema ILPF, a partir do cultivo de sorgo forrageiro consorciado com capim Marandu

1. Eng. Agrôn., D.Sc em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

2. Eng. Agrôn., D.Sc em Zootecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

3. Eng. Agrôn., D.Sc em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; ;

4. Eng. Agrôn., MSc, Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa;;

5. Eng. Agrôn., Analista da Embrapa Milho e Sorgo;

6. Eng. Agrôn., MSc, Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa;

7. Eng. Agrôn., PhD em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

8. Eng. Agrôn., D.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

9. Eng. Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Embrapa Milho e Sorgo; .

10. Bióloga, DSc em Genética, Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte

e, simultaneamente, a introdução do componente florestal. A área experimental de 44 hectares foi dividida em quatro piquetes de 11 hectares cada. Cada piquete recebeu um manejo da fertilidade, os quais constituíram os tratamentos: 1. Padrão regional de correção e adubação; 2. Padrão melhorado; 3. Padrão intensificado; 4. Padrão potencial. Estes tratamentos referem-se a níveis crescentes de utilização de corretivos e fertilizantes, até o tratamento de maior intensificação do sistema (tratamento 4). A implantação da área e dos tratamentos foi iniciada em setembro de 2017. O eucalipto foi plantado em janeiro de 2018. Após a sementeira do sorgo forrageiro BRS 658 e do capim Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), foram avaliados: Estande de plantas de sorgo forrageiro e capim Marandu; Altura de plantas, variação da altura, taxa de crescimento, área foliar e expansão foliar do sorgo forrageiro; Produtividade e acúmulo de matéria seca de sorgo forrageiro; Produtividade de matéria verde e seca do sorgo forrageiro e capim Marandu, Produtividade de matéria verde e seca total e proporção capim Marandu / sorgo forrageiro por ocasião da colheita para silagem; Extração de nutrientes pelo sorgo forrageiro por ocasião da colheita de silagem; Determinação da composição químico-bromatológica do sorgo forrageiro por ocasião da colheita de silagem; Altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição químico-bromatológica do capim Marandu pós-colheita da silagem. O veranico ocorrido no mês de janeiro de 2018, associado ao ataque intenso de *Spodoptera frugiperda* durante o período vegetativo do sorgo forrageiro, comprometeu severamente a produtividade de silagem. Mesmo assim, o incremento no manejo da fertilidade proporcionou maior desenvolvimento vegetativo, acúmulo de matéria seca e qualidade bromatológica do sorgo forrageiro e diminuiu a competição com o capim Marandu. As respostas ao manejo da fertilidade promoveram maior produtividade da forrageira após a colheita da silagem e, mesmo após 12 meses da implantação, houve resposta significativa da produtividade do capim nos melhores tratamentos de manejo da fertilidade demonstrando que, em sistemas ILPF, a resposta ao incremento de nutrientes e melhoria do ambiente produtivo deverá levar em conta o longo tempo de condução do sistema.

Termos para indexação: consórcio; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta; agricultura de baixo carbono; silagem; fertilidade do solo.

Agricultural Intensification at Cerrado: Implementation of ILPF System with Forage Sorghum, Marandu Grass and Eucalyptus in the Central Region of Minas Gerais, Brazil

Abstract – Implementing ILPF systems (Crop-Livestock-Forest) with the insertion of the forestry component arranged in ranches in the pasture, requires a change of paradigms still present in the livestock activity. When choosing species, a series of technical indicators must be taken into account, such as the main activity of the property and the edaphoclimatic characteristics of the cultivation region. This work aimed to demonstrate a modality of sustainable agricultural intensification for the Central region of Minas Gerais, Brazil, through the implementation of an ILPF system, from the cultivation of forage sorghum intercropped with Marandu grass and, simultaneously, the introduction of the forest component. The 44-hectare experimental area was divided into four paddocks of 11 hectares. Each paddock received fertility management, which constituted the treatments: 1. Regional pattern of correction and fertilization; 2. Improved standard; 3. Intensified pattern; 4. Potential pattern. These treatments refer to increasing levels of use of correctives and fertilizers, until the treatment of greater intensification of the system (treatment 4). The implantation of the area and treatments started in September 2017. Eucalyptus was planted in January 2018. After sowing the forage sorghum BRS 658 and Marandu grass (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), the following were evaluated: Forage sorghum and Marandu grass; Plant height, height variation, growth rate, leaf area and leaf expansion of forage sorghum; Productivity and accumulation of dry matter of forage sorghum; Yield of green and dry matter of forage sorghum and Marandu grass, Yield of total green and dry matter and Marandu grass / forage sorghum ratio when harvesting for silage; Extraction of nutrients by forage sorghum at the time of silage harvest; Determination of the chemical-chemical composition of forage sorghum at the time of silage harvest; Plant height, dry matter productivity and chemical-chemical composition of post-harvest silage Marandu grass. The little drought that occurred

in January 2018, associated with the intense attack of *Spodoptera frugiperda* during the vegetative period of forage sorghum, severely affected the productivity of silage. Even so, the increase in fertility management provided greater vegetative development, accumulation of dry matter and bromatological quality of forage sorghum and reduced competition with Marandu grass. Responses to fertility management promoted greater forage productivity after harvesting silage and, even after 12 months of implantation, there was a significant response of grass productivity in the best fertility management treatments demonstrating that, in ILPF systems, the response to increasing of nutrients and improvement of the productive environment should take into account the longtime of conduction of the system.

Index terms: consortium; Crop-livestock-forest integration; low carbon agriculture; silage; soil fertility.

1. Introdução

Na região do Cerrado, é comum a realização das semeaduras de culturas anuais em safra e safrinha durante o período chuvoso com espécies forrageiras para formação de pastagem em consórcio, melhorando o fornecimento de alimento para os animais na estação seca (Gontijo Neto et al., 2018a). Este modelo de exploração apresenta diversas vantagens, tais como: melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; quebra de ciclos de doenças; redução da infestação de insetos-pragas e de plantas daninhas; redução no custo de recuperação e renovação de pastagens, proporcionando maior eficiência do uso de recursos naturais, em especial água (Silva, 2020) e nutrientes (Simão, 2020).

O sorgo (*Sorghum bicolor Moench*) tradicionalmente é uma planta de grande versatilidade, cultivado em todos os biomas brasileiros. Grande parte da produção desta cultura no Brasil se destina à atividade pecuária, pois seu uso como forrageira para pastejo ou silagem, além dos grãos na fabricação de ração, é a fonte de alimento para os animais em regiões com ocorrências frequentes de déficit hídrico (Silva, 2015), que compreende grande parte do Cerrado e do Semiárido brasileiro (Aguiar; Schaffert, 1977).

De acordo com Resende et al. (2016b), os híbridos de sorgo forrageiros foram melhorados para produção de elevada quantidade de forragem, em torno de 50 t de massa verde ha⁻¹ em condições ideais, e 40% no segundo corte, com alta qualidade nutritiva, conferindo silagem de elevada digestibilidade (acima de 60%) e teor proteico (média de 8% de proteína bruta). Adaptados para utilização em diversos sistemas de produção, os sorgos forrageiros apresentam porte alto, aproximadamente 2,6 m de altura, resistência ao acamamento e ciclo de 90 a 120 dias para a ensilagem (Caxito, 2017).

Nos últimos anos, espécies vegetais para usos múltiplos (conservação, pastejo e cobertura morta), em especial gramíneas, são cultivadas em sistemas de rotação, sucessão e consórcio com culturas produtoras de grãos e/ou silagem, verticalizando a produção na mesma área e, conseqüentemente, aumentando a rentabilidade do produtor, principalmente em sistemas integrados como a ILPF (Gontijo Neto et al., 2018b). A possibilidade de consórcio do sorgo com espécies forrageiras tem como principal finalidade o melhor aproveitamento dos recursos naturais e a otimização do uso do solo agrícola,

produzindo maiores quantidades de massa vegetal na mesma área e com a mesma precipitação pluviométrica, além da maior resistência desta cultura a períodos de restrição hídrica em comparação a outras culturas, como o milho. Muitos avanços foram pesquisados e validados neste sentido, viabilizando a produção de silagem de sorgo com espécies forrageiras tropicais e, após a colheita, o pasto recuperado pode ser utilizado ao longo dos anos de condução do sistema.

A inserção do componente florestal tem como finalidade o ganho econômico de longo prazo, porém, seus benefícios logo após o primeiro ano de implantação não podem ser esquecidos, entre eles, melhorar as condições microclimáticas para os animais em pastejo, com redução do estresse térmico sobre os animais e melhoria do bem-estar animal (Pezzopane et al., 2019; Barreto et al., 2020). Além disso, existe a possibilidade de neutralização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em sistemas agroflorestais pela neutralização de carbono através do sequestro e fixação deste elemento na biomassa das plantas, através do processo de fotossíntese e crescimento vegetal. Estes fatores, somados, podem vislumbrar novas opções para a atividade pecuária, em especial na região Central de Minas Gerais, caracterizada pelos solos de baixa fertilidade e com pastagens em elevados níveis de degradação (Santana et al., 2019).

Gontijo Neto al (2018a) mencionam que sistemas de produção atuais devem se embasar na intensificação sustentável, na utilização dos recursos disponíveis, compreendendo o uso de ativos naturais, sociais e capital humano combinados com o uso das melhores tecnologias e insumos disponíveis, que busquem minimizar ou reduzir ao máximo os danos ambientais. Os autores complementam ainda que a intensificação sustentável no uso do solo, fundamental para melhoria dos índices de produtividades agropecuários e atendimento à demanda mundial por alimentos, fibras e bioenergia, passa pela construção e manutenção da fertilidade dos solos agricultáveis, principalmente nas áreas com solos de baixa fertilidade natural.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a implantação de um sistema ILPF composto pela semeadura de sorgo forrageiro com *Urochloa brizantha* cv. Marandu simultâneo ao plantio de eucalipto *Urophylla* clone I 144, através da quantificação do crescimento e produtividade do sorgo e capim Marandu ao longo do primeiro ano de condução. Os dados levan-

tados em propriedade comercial permitem analisar tecnicamente os desafios e os benefícios deste sistema, que se encontra em plena consolidação até os dias atuais.

2. Material e Métodos

O estudo foi conduzido durante o ano agrícola 2017/2018, na Fazenda Lagoa dos Currais, em Curvelo-MG, latitude de 18°45'23" S e longitude de 44°25'51" W, altitude de 672 m. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw, com estação quente no verão e seca no inverno (Reboita et al., 2015). A precipitação pluvial média anual é de 1.226 mm e a temperatura média anual é de 22,6 °C (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018). A sazonalidade pluvial da região é caracterizada por apresentar três meses do ano secos (junho, julho e agosto). Os meses de maior precipitação pluvial são de novembro a março, sendo 80% de todo o volume de chuvas concentradas no verão, com as chuvas diminuindo em volume até o mês de maio. Nos meses de inverno, a precipitação é inferior a 10 mm (Reis et al., 2012), caracterizando forte sazonalidade pluvial. Os dados de precipitação mensal acumulada durante o período de condução do trabalho estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de precipitação pluvial mensal acumulada durante o período de realização do trabalho (outubro de 2017 a novembro de 2018) em pluviômetro instalado na área. Lagoa dos Currais, Curvelo-MG

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017									0	65	211	192
2018	147	284	107	5	10	0	0	5	65	98	240	

Foi selecionada uma área de 44 hectares de pastagem de *Urochloa decumbens* em elevado estado de degradação, com presença de outras espécies forrageiras (*Andropogon* e Marandu, principalmente) e invasoras. (Figura 1). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com perfil sem impedimentos físicos aparentes e os níveis de acidez (pH), presença de alumínio (Al e m%) e saturação por bases (V) baixos, assim como a disponibilidade insatisfatória de nutrientes. O teor de matéria orgânica era

razoável na camada superficial, interpretado como “médio” para um solo de textura muito argilosa como no presente caso (68% de argila). Os resultados da análise inicial encontram-se detalhados na Tabela 2.



Figura 1. Imagem de satélite de 13/07/2016, com vista parcial da área selecionada para condução do trabalho na Fazenda Lagoa dos Currais, destacando a área de pastagem degradada (polígono pontilhado amarelo) sem a divisão dos tratamentos. Fonte: Resende et al. (2020).

Com base nos resultados médios das análises de solo, foram delineados quatro tratamentos, com níveis crescentes de investimento na melhoria do solo e estabelecimento de sistemas de cultivo. Os tratamentos foram assim discriminados: Padrão Regional (Tratamento 1); Sistema Melhorado (Tratamento 2); Sistema Intensificado (Tratamento 3); e Produção Potencial (Tratamento 4). Cada piquete correspondeu a um tratamento, com área de aproximadamente 11 hectares cada.

O tratamento 1, correspondente ao padrão regional, refere-se ao nível de investimento equivalente ao adotado pelos pecuaristas nesta região, somente com aplicação de calcário, gesso, fosfato e nitrogênio em doses moderadas na renovação de pastagens. Os demais níveis seguiram um crescente de utilização de maiores doses desses insumos, além de potássio e micronutrientes, até alcançar condições que viabilizassem maior intensificação do sistema, este representado pela produção potencial (tratamento 4).

Resende et al. (2020) ressaltaram que, embora o dimensionamento de corretivos e fertilizantes para compor os tratamentos tenha sido calculado seguindo critérios de recomendação indicados na literatura para o bioma Cerrado, as quantidades efetivamente aplicadas sofreram pequenas variações. Tais diferenças foram resultantes das regulagens possíveis para o maquinário e insumos utilizados, bem como de ajustes operacionais de momento na condução das aplicações. Esse manejo manteve os contrastes objetivados entre os tratamentos, tornando válidas as informações sobre as respostas obtidas.

Na Tabela 3 encontra-se a descrição dos tratamentos em relação às quantidades de corretivos e fertilizantes para cada etapa de implantação do primeiro ano do sistema ILPF, calculadas a partir dos resultados de análise química do solo na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 2. Resultados médios e interpretação de análises da amostragem inicial do solo (setembro/2017) na área da URT Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, ano agrícola 2017/2018.

Profund.	pH	MOS	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
Cm	-	%	... mg dm ⁻³ ...	...	..... cmolc dm ⁻³ .....	.....	.....	.....	.....	.....	..... mg dm ⁻³ .....	.....	.....	.....	..... % .....	.....
0-20	5,3	3,2	1,3	63	0,7	0,2	0,6	6,7	2	0,2	1,1	58	9	1,6	16	36
20-40	5,2	2,3	0,7	24	0,4	<0,1	0,5	5,4	n.a.	n.a.	0,4	27	1	<0,1	9	53
Interpretação:																
Muito baixo			Baixo			Médio			Adequado			Alto			Muito alto	

Teor de argila = 68%. MOS = matéria orgânica do solo. n.a. = não analisado. Interpretação de acordo com critérios para a profundidade de 0-20 cm (Ca e m de 0-20 e abaixo de 20 cm), propostos por Alvarez V. et al. (1999) e Sousa e Lobato (2004).

Análises: pH em água. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S por extração com Ca(H₂PO₄)₂. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Fe, Mn e Zn usando o extrator Mehlich 1.

Tabela 3. Quantidades diferentes de corretivos e fertilizantes aplicadas nos níveis de investimento tecnológico ao longo das etapas de estabelecimento do sistema ILPF, na URT Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, ano agrícola 2017/2018.

Etapa	Corretivos, Fertilizantes e Operações	Níveis de Investimento				Data
		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	
		Marandu/Eucalipto Padrão Regional	Marandu/Eucalipto Sistema Melhorado	Sorgo/Mar./Euc. Sistema Intensificado	Sorgo/Mar./Euc. Produção Potencial	
Construção da fertilidade	Calcário dolomítico PRNT 95% (t/ha)	1,1 (V=32%)	1,9 (V=43%)	2,6 (V=53%)	3,8 (V=70%)	Set/2017
	Gesso agrícola (t/ha)	1,1	1,1	1,1	2,0	Set/2017
	P a lanço (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅)	81/40	170/85	170/85	170/85	Out/2017
	K a lanço (kg/ha de cloreto de potássio / K ₂ O)	-	-	80/48	131/79	Out/2017
	Micronutrientes a lanço (kg/ha de FTE BR12)	-	-	-	51	Out/2017
Cultivo de sorgo	P sulco sorgo (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅)	-	-	112/56	138/69	Nov/2017
	N junto ao P lanço + sulco (kg/ha de N)	8+0	17+0	17+11	17+14	Nov/2017
	N em cobertura (kg/ha de Ureia / N)	-	87/40	140/64	140/64	Dez/2017
Após colheita silagem	P após silagem (kg/ha NPK 09-50-00 / P ₂ O ₅)	-	-	-	96/48	Abr/2018
	N junto ao P após silagem (kg/ha de N)	-	-	-	9	Abr/2018
	N após silagem (kg/ha de Ureia / N)	-	-	-	50/30	Abr/2018
	K após silagem (kg/ha cloreto de potássio / K ₂ O)	-	-	98/45	98/45	Abr/2018

De posse dos resultados da análise química e efetuados os cálculos de cada corretivo conforme os tratamentos, foi iniciado o processo de correção do solo em setembro de 2017. Para tanto, foi realizada a distribuição de calcário a lanço na área, sendo que, nas maiores doses, houve aplicação sequencial. Após esta operação, em toda a área, foi realizada a incorporação do calcário com grade aradora pesada (Figura 2).



Foto: Emerson Borghi.

Figura 2. Área após a passagem de grade aradora para incorporação do calcário. Fazenda Lagoa dos Currais, Curvelo-MG, setembro de 2017.

No mês de outubro de 2017 houve aplicação de gesso agrícola e dos fertilizantes para as adubações corretivas, a lanço, com distribuidor tipo pendular (Figura 3). Para o gesso, as quantidades foram de 1 t ha⁻¹ para os tratamentos 1 a 3, e 2 t ha⁻¹ para o tratamento 4. Os fertilizantes utilizados foram fosfato (como formulado NPK 10-50-00), cloreto de potássio (60% de K₂O) e micronutrientes (FTE BR12), este último somente no tratamento 4. As quantidades foram progressivas conforme os tratamentos descritos na Tabela 3. Em seguida, em novembro de 2017, para incorporação do gesso e fertilizantes, foi realizada a gradagem com grade intermediária, seguida de uma grade niveladora para nivelamento do terreno antecedendo o cultivo.



Foto: Emerson Borghi.

Figura 3. Aplicação de fertilizante formulado para correção do solo antes da implantação do sistema ILPF. Curvelo-MG, outubro de 2017.

Na sequência, em 07/11/2017, foi realizada a semeadura a lanço em área total da *Urochloa brizantha* cv. Marandu, na quantidade de 10 kg de semente comercial ha⁻¹, independentemente do tratamento referente ao manejo da fertilidade, apresentando garantias mínimas de 60% de germinação e 60% de vigor. Para esta operação foi utilizada semeadora adaptada (Figura 4) e, em seguida, incorporação das sementes com grade niveladora fechada.



Foto: Emerson Borgni.

Figura 4. Semeadora adaptada para o semeio do capim Marandu (à esquerda) e sementes depositadas sobre o solo antes da incorporação com grade (à direita). Curvelo-MG, novembro de 2017.

Na sequência, também no mês de novembro de 2017, foi realizada a demarcação dos renques de eucalipto com auxílio de GPS. A correção do solo e a adubação foram calculadas especificamente para a cultura florestal e manejadas especificamente na linha (Figura 5). A distribuição do fertilizante de plantio foi efetuada por meio de abertura dos sulcos e em covetas próximas às mudas, além de aplicações em cobertura e em pulverizações foliares, seguindo os procedimentos e dosagens estabelecidos para a implantação de florestas na região. Todos os manejos foram semelhantes nos quatro tratamentos. A descrição das quantidades e especificações estão descritos em Resende et al. (2020).



Foto: Emerson Borgni.

Figura 5. Detalhe da aplicação de calagem na linha de plantio do eucalipto antes da implantação do sistema ILPF realizado na Fazenda Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, novembro de 2017.

A semeadura do sorgo forrageiro BRS 658 foi realizada em 13/11/2017. Para tanto, utilizou-se semeadora-adubadora com sete linhas e espaçamento entrelinhas de 74 cm. A semeadora-adubadora foi regulada para 11 sementes por metro ($148.643 \text{ plantas ha}^{-1}$), objetivando estande final de $120.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, independentemente dos tratamentos. As sementes foram tratadas com fipronil (250 g L^{-1} de i. a.) e tiodicarbe (450 g L^{-1} de i. a.).

A adubação de cobertura foi realizada em 05/12/2017 quando o sorgo forrageiro apresentou estágio fenológico V4 (quatro folhas totalmente expandidas). As doses foram ajustadas conforme os tratamentos (Tabela 3). O fertilizante utilizado foi a ureia (46% N). Na sequência, em 07/12/2017, foi realizada pulverização para controle da lagarta-do-cartucho e controle de plantas daninhas em área total, com pulverizador tratorizado, utilizando metomil ($600 \text{ mL de p. c. ha}^{-1}$) e atrazine ($3 \text{ L de p. c. ha}^{-1}$). Por causa da alta infestação de lagarta-do-cartucho foi realizada uma segunda pulverização, em 19/12/2017 com clorantroliprole ($100 \text{ mL de p. c. ha}^{-1}$).

O cultivo do sorgo forrageiro não foi realizado integralmente em todos os tratamentos. No manejo regional e melhorado (tratamentos 1 e 2), o sorgo forrageiro foi semeado em parte da área, sendo que, no restante, o capim Marandu se desenvolveu sem a presença da cultura granífera. Embora representando uma menor área em comparação aos manejos intensificado e potencial (tratamentos 3 e 4), todos os tratamentos culturais e a metodologia de avaliação das espécies foram semelhantes em todos os tratamentos e, nas avaliações da forrageira pós-colheita de silagem (março/2018 e novembro/2018), a área cultivada com sorgo forrageiro nos dois primeiros tratamentos foi desconsiderada para as avaliações de produtividade de matéria seca.

O eucalipto (*Eucalyptus urograndis* cv AEC 1144) foi plantado a partir do dia 05/01/2018. Foi adotada a distância de renques de 20 metros e 4 metros entre plantas, totalizando 125 árvores por hectare. A adubação de plantio e de cobertura, assim como os controles culturais, foram uniformes em todos os tratamentos, e estão descritos em Campanha et al. (2020). A partir da colheita do sorgo para ensilagem, os tratamentos foram conduzidos com capim Marandu e eucalipto, introduzindo-se o componente animal - bovino de corte (novilhas guzerá) - a partir de dezembro de 2018, conforme ilustra a Figura 6.

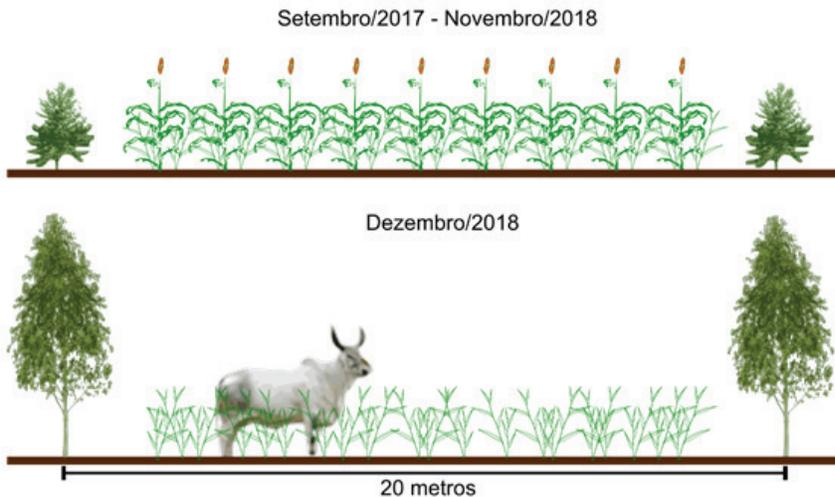


Figura 6. Representação do esquema de condução da área experimental, com a implantação do sistema ILPF através dos cultivos de sorgo forrageiro, capim Marandu e eucalipto (setembro de 2017 a dezembro de 2018) e o sistema IPF consolidado até os dias atuais. Ilustração: Jeferson Giehl.

2.1. Avaliações realizadas

A partir da implantação das árvores, foram alocados 10 pontos georreferenciados em cada tratamento. Todas as avaliações utilizaram estas coordenadas para realizar as coletas. Os pontos foram criteriosamente selecionados, tendo como referência a distância entre os renques das árvores, para não ocorrer interferências na obtenção dos resultados em razão do crescimento da espécie florestal, além do tamanho de cada tratamento (11 hectares), buscando maior representatividade.

a) Estande de plantas de sorgo forrageiro e capim Marandu

O estande de plantas de sorgo foi realizado por meio de contagem de duas linhas com 5 metros de comprimento, efetuando 10 repetições nos pontos georreferenciados de cada tratamento. Os valores foram extrapolados em plantas ha⁻¹ e plantas m⁻¹.

O estande de capim Marandu foi realizado na mesma data, através da contagem de plantas emergidas, utilizando quadrado metálico com 1 m² de área, nos mesmos 10 pontos georreferenciados de cada tratamento. Os valores foram extrapolados para plantas ha⁻¹ e plantas m⁻².

b) Altura de plantas, variação da altura, taxa de crescimento, área foliar e expansão foliar do sorgo forrageiro

Estas avaliações foram realizadas em três épocas distintas: 14/12/2017, 04/01/2018 e 16/01/2018 correspondendo a, respectivamente, 29, 50 e 62 dias após a emergência do sorgo forrageiro.

Em cada época, foram escolhidos 20 pontos aleatórios em cada tratamento tendo como referência os pontos georreferenciados. A altura foi mensurada por meio da leitura (centímetros), considerando o nível do solo até a primeira folha totalmente expandida a partir do ápice. A variação da altura foi calculada com base na diferença entre as leituras obtidas nas épocas. A taxa de crescimento foi calculada através da divisão da altura obtida em cada época pelo número de dias após a emergência da data de avaliação.

A área foliar do sorgo foi realizada através da coleta de uma subamostra de 10 plantas, com cinco repetições próximas aos pontos georreferenciados em cada tratamento. No laboratório, as folhas destas plantas foram separadas e colocadas em analisador de área foliar LI-300C (LI-COR, Inc.) para estimativa da área foliar em cm². A expansão foliar foi determinada pela divisão entre a área foliar obtida em cada época e o número de dias transcorridos após a emergência, expresso em cm² dia⁻¹.

c) Produtividade e acúmulo de matéria seca de sorgo forrageiro

As amostragens de produtividade de matéria seca das plantas de sorgo forrageiro foram realizadas em diferentes estádios fenológicos da cultura. As amostragens foram realizadas em 12/12/2017, 04/01/2018, 16/01/2018, 31/01/2018 e 12/03/2018 correspondendo a, respectivamente, 27, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência (DAE) do sorgo forrageiro.

A cada época, foram coletadas manualmente e pesadas cinco repetições em cada tratamento, próximas de cada ponto georreferenciado, sendo uma subamostra de 10 plantas separada para pesagem em estufa de circulação

forçada de ar a 65 °C até peso constante. As subamostras eram novamente pesadas para o cálculo da produtividade de massa seca de sorgo em cada época correspondente.

d) Produtividade de matéria verde e seca do sorgo forrageiro e capim Marandu, produtividade de matéria verde e seca total e proporção capim Marandu/sorgo forrageiro por ocasião da colheita para silagem

A colheita do sorgo consorciado com capim Marandu foi realizada em 12/03/2018, correspondendo a 117 DAE. Para a avaliação da produtividade de silagem, foram coletadas duas linhas de 4 metros de comprimento de sorgo (2,96 m²) e, paralelamente, 2 metros (1,48 m²) de capim Marandu em cada ponto georreferenciado nos tratamentos. As amostras foram pesadas para estimativa do peso verde e uma subamostra levada em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Outra subamostra de 10 plantas foi separada para corte dos segmentos folha, colmo e panícula.

As subamostras foram pesadas determinando a umidade e, com os dados de massa verde, foi calculada a produção de massa seca de cada espécie e extrapolada em kg ha⁻¹. Após o cálculo de cada espécie separadamente, os valores foram somados para a estimativa da produtividade de massa verde e de massa seca de silagem em cada tratamento. Além disso, em cada segmento da planta (folha, colmo e panícula) também foi calculada a produtividade de matéria seca e estimada a proporção de cada uma destas partes na matéria seca total da planta.

Nos tratamentos intensificado e potencial, a colheita da silagem ocorreu em área total. Já nos tratamentos regional e melhorado, além da colheita do sorgo nas parcelas alocadas dentro de cada tratamento, o capim Marandu foi ceifado para fenação. Assim, independentemente do manejo da fertilidade e da exploração do componente vegetal, a partir de março de 2018, todos os tratamentos foram uniformizados, restando apenas o capim Marandu e eucalipto, sem entrada de animais.

e) Extração de nutrientes pelo sorgo forrageiro por ocasião da colheita de silagem

Com as 10 plantas colhidas e seus segmentos separados para determinação da matéria seca, foram separadas as folhas diagnósticas (folha bandeira) para determinação dos teores de macro e micronutrientes. Com os teores de nutrientes em g kg⁻¹ e o teor de matéria seca, calcularam-se as quantidades de nutrientes contidas nas diferentes partes, e o seu somatório correspondeu à extração no sorgo forrageiro colhido para silagem, de acordo com a metodologia descrita por Resende et al. (2016a).

f) Determinação da composição químico-bromatológica do sorgo forrageiro por ocasião da colheita de silagem

Com as subamostras de sorgo forrageiro para determinação da produtividade de matéria seca por ocasião da avaliação da silagem (117 DAE), outra subamostra de cada repetição foi separada e posteriormente moída em moinho com peneira com malha de 1 mm, para determinação dos componentes bromatológicos.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) foram determinados conforme metodologia descrita por Silva (1990). Para estas determinações, utilizaram-se as amostras das plantas moídas depois de retiradas da estufa.

A estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada por meio da fórmula sugerida por Undersander et al. (1993), a qual é descrita por:

$$\% \text{NDT} = 87,84 - (0,7 \times \% \text{FDA})$$

Onde:

% NDT – porcentagem de nutrientes digestíveis totais;

% FDA – fibra em detergente ácido, determinada em laboratório.

Todas estas determinações bromatológicas foram realizadas em equipamento NIRS lotado no Núcleo de Biologia Aplicada da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Para a determinação do NDT em kg ha^{-1} , o teor deste componente (expresso em %) foi multiplicado pela produtividade de matéria seca das espécies da mesma época da avaliação correspondente.

g) Altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição químico-bromatológica do capim Marandu pós-colheita da silagem

As avaliações foram efetuadas em duas épocas: março de 2018 e novembro de 2018, após a colheita da silagem em todos os tratamentos e antes da fenação do capim Marandu (realizado no restante da parcela nos tratamentos 1. Regional e 2. Melhorado). Em cada época, foi amostrado 1 m^2 de capim Marandu na proximidade de cada um dos 10 pontos georreferenciados em cada tratamento. A determinação da matéria seca e os teores de PB, FDA, FDN, lignina e NDT seguiram a metodologia já descrita anteriormente.

2.2. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2011), considerando delineamento inteiramente casualizado e dez unidades amostrais independentes dentro de cada sistema como repetições (pseudorrepetições) (Simão, 2020). Na comparação de médias das variáveis empregou-se o teste LSD a 5%.

Para as variáveis altura de planta, variação da altura, taxa de crescimento, área foliar, expansão de área foliar do sorgo forrageiro e produtividade de matéria seca do capim Marandu pós-colheita da silagem, além da comparação de médias, em caso de significância, demonstrou-se o desdobramento das interações manejo da fertilidade e épocas de avaliação.

Nas variáveis produtividade e taxa de acúmulo de matéria seca do sorgo forrageiro, para o fator manejo da fertilidade e o desdobramento manejo da fertilidade dentro de épocas de avaliação, os resultados foram analisados mediante regressão polinomial, adotando-se o maior grau de significância da equação.

3. Resultados e Discussão

3.1. Características agrônômicas do sorgo forrageiro consorciado com capim Marandu

Na Tabela 4 encontram-se os valores de estande de plantas de sorgo forrageiro e de capim Marandu realizado após a emergência das plantas no campo. Verificou-se que o estande do sorgo foi comprometido com a presença do capim em crescimento simultâneo, principalmente nos maiores níveis de manejo da fertilidade. O maior estande de sorgo forrageiro (9,4 plantas m^{-1}) foi obtido no menor nível de investimento e corroborou com o menor estande de capim Marandu (34,6 plantas m^{-2}), muito embora o estande da forrageira não tenha sido diferentes entre os tratamentos, com exceção do manejo melhorado (Tabela 4). A ausência de resposta ao estande do Marandu em relação aos níveis de manejo da fertilidade pode ser decorrente da estratégia de semeadura a lanço, em quantidade única em todos os tratamentos. Em contrapartida, o menor estande de sorgo (8,6 plantas m^{-1}) e maior do Marandu (36,6 plantas m^{-2}) foi observado no maior investimento. O estande de plantas de sorgo forrageiro médio (120.659 plantas m^{-1}), embora com diferenças significativas entre os tratamentos, foi próximo ao estande final desejado (120.000 plantas ha^{-1}), assim como um estande adequado de capim Marandu, o que permitiu um rápido cobrimento da superfície do solo em face do pleno estabelecimento das plantas (Figura 7).

Tabela 4. Valores médios de estande de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 e de *U. brizantha* cv. Marandu cultivadas em consórcio sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Sorgo		Marandu	
	pl ha ⁻¹	pl m ⁻¹	pl ha ⁻¹	pl m ⁻²
Regional	127.697 a	9,4 a	346.000 ab	34,6 ab
Melhorado	121.166 ab	8,9 ab	286.000 b	28,60 b
Intensificado	117.337 ab	8,7 ab	343.000 ab	34,3 ab
Potencial	116.437 b	8,6 b	366.000 a	36,6 a
Média	120.659	8,9	335.250	33,5
DMS	10.448	0,77	78.927	7,89

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.



Foto: Emerson Borghi.

Figura 7. Estabelecimento das plantas de sorgo forrageiro e de capim Marandu por ocasião da avaliação do estande de plantas na Fazenda Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, dezembro de 2017.

Na Tabela 5 constam os valores de altura de plantas, a variação da altura, a taxa de crescimento das plantas, área foliar e expansão da área foliar aos 29, 50 e 62 dias após a emergência da cultura de sorgo forrageiro. Verificaram-se diferenças significativas entre os resultados em relação ao manejo da fertilidade e da época de avaliação. A partir do padrão regional de correção e adubação e partindo para os níveis mais intensificados, houve maior altura de plantas de sorgo forrageiro, em razão da variação crescente da altura, maior taxa de crescimento da planta, expansão foliar das plantas e do índice de área foliar durante o período avaliado. Embora o manejo da fertilidade potencial tenha apresentado altura e área foliar superiores aos demais tratamentos, constatou-se que a variação da altura e a expansão foliar das plantas de sorgo forrageiro foram iguais ao manejo intensificado, indicando que, embora possam ocorrer variações fisiológicas entre os tratamentos, as plantas nestes dois tratamentos obtiveram condições mais adequadas e semelhantes para expansão da área foliar e de taxa de crescimento de plantas nestas duas condições de manejo da fertilidade.

Da mesma maneira, as plantas variaram significativamente com o decorrer das épocas de avaliação, apresentando maiores alturas de plantas, variação da altura e expansão foliar aos 62 DAE (Tabela 5 e Figura 8). Os valores de taxa de crescimento e de expansão foliar não foram diferentes estatisticamente em relação às épocas avaliadas, indicando que, para estas variáveis, as diferenças ocorreram em razão do manejo da fertilidade e não do estágio de desenvolvimento das plantas.

Tabela 5. Valores médios de altura de plantas, variação da altura aos 29, 50 e 62 dias após a emergência (DAE), taxa de crescimento, área foliar e expansão da área foliar de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Altura de plantas	Varição da altura	Taxa de crescimento	Área Foliar	Expansão foliar
	-----cm-----		cm dia ⁻¹	cm ²	cm ² dia ⁻¹
Regional	49,84 d	32,84 b	1,51 b	125,86 c	6,30 b
Melhorado	57,29 c	32,35 b	1,47 b	160,13 b	6,63 b
Intensificado	84,69 b	43,53 a	1,96 a	270,70 b	8,92 a
Potencial	92,45 a	46,25 a	2,11 a	287,56 a	9,81 a
Época de avaliação					
29 DAE	39,41 c	37,32 b	1,78 a	69,61 c	8,59 a
50 DAE	76,74 b	21,25 c	1,77 a	249,48 b	7,72 a
62 DAE	97,06 a	57,65 a	1,75 a	314,09 a	7,43 a
Média	71,07	38,74	1,76	211	7,92
DMS	2,60	3,35	0,17	18,07	1,35

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.



Foto: Alvaro Vilela de Resende.

Figura 8. Amostragem de plantas de sorgo forrageiro aos 29 dias após a emergência. Da esquerda para a direita: manejo regional; melhorado, intensificado e potencial. Fazenda Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, dezembro de 2017.

Ao analisar o desdobramento da interação manejo da fertilidade dentro de épocas de avaliação para altura de plantas, variação da altura e taxa de crescimento das plantas, constatou-se que, em todas as épocas avaliadas, houve maiores valores destas variáveis com a melhoria do manejo da fertilidade (Tabela 6). Analisando o desdobramento épocas de avaliação dentro do manejo da fertilidade constatou-se incremento crescente da altura ao longo das épocas de avaliação com a melhoria no manejo da fertilidade, o que não ocorreu para a taxa de crescimento de plantas. Em relação à variação da altura de plantas, foi observado que a menor variação de altura em todos os tratamentos foi encontrada aos 50 DAE. Isso foi decorrente do ataque severo de *Spodoptera frugiperda* entre os 29 e 50 DAE, além de um período intenso de veranico entre estas duas épocas de avaliação (Figura 10). Neste período, mesmo com duas aplicações de inseticidas para controle, houve comprometimento na área foliar das plantas neste período, como é possível observar no desdobramento épocas de avaliação dentro de manejo da fertilidade apresentado na Tabela 7.

No desdobramento da interação épocas de avaliação dentro de manejo da fertilidade para a área foliar e expansão da área foliar (Tabela 7), constatou-se que, até os 50 DAE, os manejos Intensificado e Potencial foram estatisticamente superiores aos manejos Regional e Melhorado, explicando, assim, o efeito da área foliar no desenvolvimento das plantas.

No desdobramento manejo da fertilidade dentro de épocas de avaliação (Tabela 7), verificou-se que a área foliar foi crescente ao longo dos períodos de avaliação em todos os tratamentos, resultado este já esperado. Porém, em relação à taxa de crescimento, não houve variação entre as épocas avaliadas, com exceção do manejo Intensificado, onde a expansão da área foliar foi decrescente no período. É possível que o ataque de *Spodoptera frugiperda* tenha comprometido a área foliar do sorgo forrageiro em maior intensidade neste tratamento.



Fotos: Emerson Borgni.

Figura 9. Detalhe das plantas de sorgo forrageiro aos 50 DAE com ataque severo de *Spodoptera frugiperda* (à esquerda) e planta com dano severo na área foliar durante atividade da lagarta (à direita). Curvelo-MG, janeiro de 2018.

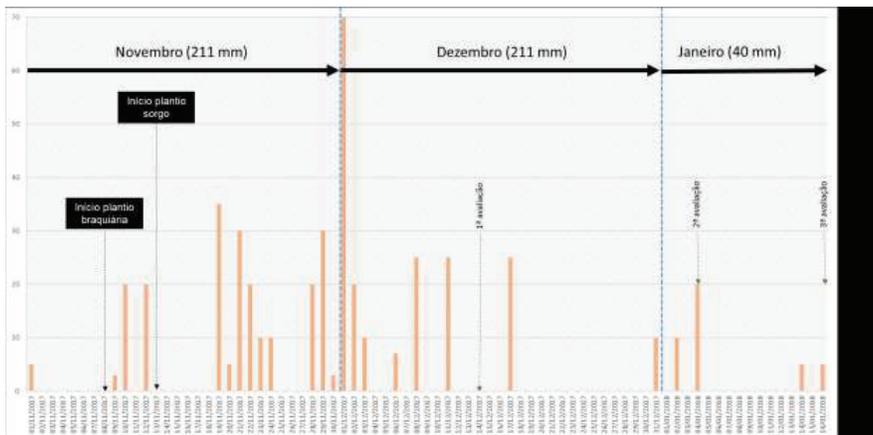


Figura 10. Distribuição de chuvas desde a semeadura do capim Marandu e do sorgo forrageiro até a terceira época de amostragem do sorgo para avaliação da altura de plantas, a variação da altura, a taxa de crescimento das plantas, área foliar e expansão da área foliar aos 29, 50 e 62 dias após a emergência da cultura de sorgo forrageiro. Fazenda Lagoa dos Currais. Curvelo-MG, novembro de 2017 a janeiro de 2018.

Tabela 6. Desdobramento da interação manejo da fertilidade x épocas de avaliação referentes à altura de plantas, variação da altura e taxa de crescimento de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658, cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, avaliadas aos 29, 50 e 62 dias após a emergência (DAE) da cultura. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Altura de plantas cm			Variação da altura cm dia ⁻¹			Taxa de crescimento cm dia ⁻¹		
	29 DAE	50 DAE	62 DAE	29 DAE	50 DAE	62 DAE	29 DAE	50 DAE	62 DAE
Regional	23,38 dC	53,98 dB	72,18 dA	30,60 bB	19,14 bC	48,80 bA	1,46 bA	1,59 bcA	1,48 bA
Melhorado	30,78 cC	62,42 cB	78,68 cA	31,64 bB	17,52 bC	47,90 bA	1,51 bA	1,46 cA	1,45 bA
Intensificado	48,53 bC	92,06 bB	113,48 bA	43,52 aB	22,12 abC	64,94 aA	2,07 aA	1,84 abA	1,97 aA
Potencial	54,94 aC	98,50 aB	123,90 aA	43,56 aB	26,24 aC	68,95 aA	2,07 aA	2,19 aA	2,09 aA
DMS	4,51			2,08			0,34		

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Desdobramento da interação manejo da fertilidade x épocas de avaliação referentes à área foliar e expansão foliar de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade avaliadas aos 29, 50 e 62 dias após a emergência (DAE) da cultura. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Área foliar			Expansão da área foliar		
	29 DAE	50 DAE	62 DAE	29 DAE	50 DAE	62 DAE
Regional	23,42 bC	135,13 cB	219,02 cA	5,35 bA	7,62 abA	5,92 cA
Melhorado	43,11 bC	189,11 bB	248,17 cA	6,96 bA	6,73 bA	6,21 bcA
Intensificado	97,62 aC	338,65 aB	375,83 bA	11,48 aA	6,79 bB	8,50 abB
Potencial	114,30 aC	335,04 aB	413,35 aA	10,58 aA	9,75 aA	9,08 aA
DMS		31,30			2,33	

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

A matéria seca e o acúmulo de matéria seca do sorgo forrageiro nas cinco épocas de avaliação sofreram influência dos níveis de manejo da fertilidade e da interação com as épocas de avaliação e da interação entre os fatores (Tabela 8). Os níveis crescentes de fertilidade proporcionaram valores estatisticamente superiores para estas duas variáveis.

Tabela 8. Produtividade média de matéria seca e taxa de acúmulo de matéria seca do sorgo forrageiro cultivar BRS 658 coletado aos 29, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência da cultura cultivada em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Matéria Seca	Acúmulo
	-----kg ha ⁻¹ -----	-----kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -----
Regional	879 d	45,53 c
Melhorado	1.207 c	55,86 c
Intensificado	2.534 b	113,67 b
Potencial	3.411 a	144,42 a
Média	2.008	89,87
DMS	227	14,18
Valor de F		
Manejo da Fertilidade (M)	214,15**	87,64**
Época de Amostragem (E)	206,76**	164,90**
MxE	11,37**	11,01**

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade. * e ** representam nível de significância a 5 e 1%, respectivamente.

No desdobramento da interação épocas de avaliação dentro de níveis de manejo da fertilidade para produção de matéria seca de sorgo forrageiro verificou-se que, em todas as épocas, o maior nível de manejo da fertilidade (Potencial) proporcionou valores estatisticamente superiores quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9. Desdobramento da interação manejo da fertilidade x épocas de avaliação referentes à produtividade de matéria seca (kg ha⁻¹) de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 avaliadas aos 29, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência da cultura cultivada em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	29	50	62	77	117
	-----dias após emergência do sorgo forrageiro-----				
Regional	28 c	273 b	1.073 c	1.320 c	1.701 d
Melhorado	85 bc	431 b	1.365 c	1.370 c	2.787 c
Intensificado	540 ab	1.384 a	3.136 b	3.655 b	3.958 b
Potencial	841 a	1.861 a	4.071 a	4.687 a	5.600 a
DMS			507		

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Em todos os tratamentos, o aumento da produção de matéria seca foi linear com o decorrer das épocas de avaliação até a produção de silagem (Figura 11). Este resultado corrobora com os anteriores, pois, neste tratamento com maior investimento no manejo da fertilidade, houve maior altura de plantas e de área foliar, principais componentes para o acúmulo de matéria seca de plantas. Embora os valores sejam crescentes e significativos em relação aos tratamentos de manejo da fertilidade, é importante salientar que a produtividade de matéria seca é baixa, em face da restrição hídrica no mês de janeiro e do ataque de *Spodoptera frugiperda*, que comprometeram o crescimento de plantas (Figura 10). Mesmo ocorrendo esta intempérie, ficou evidente pelos resultados que a melhoria na fertilidade do solo é fator essencial para que as plantas possam superar estas condições desfavoráveis. Quintino et al. (2013) mencionaram que, em consórcio de sorgo forrageiro cv. BRS 801 com capim Piatã a produtividade de matéria seca aos 110 DAE foi de 4.940 kg ha⁻¹, resultado muito próximo ao obtido no manejo Potencial, porém, no caso do estudo em questão, os autores semearam ao final do período chuvoso, situação diferente das condições deste trabalho.

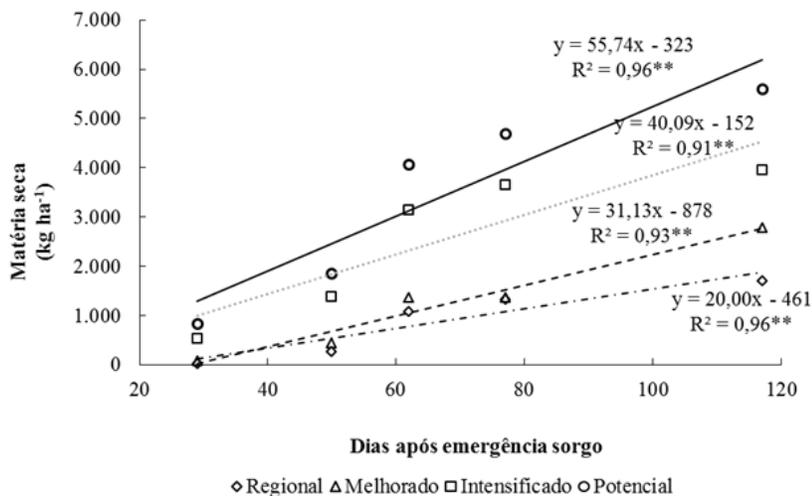


Figura 11. Produtividades de matéria seca de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivada em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu avaliadas aos 29, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência da cultura sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

No desdobramento da interação manejo da fertilidade dentro de épocas de avaliação para a taxa de acúmulo de matéria seca (Tabela 10) foi verificado que, na primeira época (29 DAE), o acúmulo foi semelhante entre os tratamentos e que, a partir dos 50 DAE, o nível de fertilidade Potencial obteve maiores taxas de acúmulo, comparado aos níveis inferiores de manejo.

Em todos os tratamentos, a curva de acúmulo de matéria seca foi quadrática, sendo crescente até os 62 DAE (Figura 12). Nos melhores níveis de manejo de fertilidade (Intensificado e Potencial) houve redução na taxa de acúmulo de matéria seca a partir dos 50 DAE indicando que, mesmo com valores superiores de altura de plantas nestes tratamentos, a matéria seca ao longo do período foi comprometida a partir dos 62 DAE, também decorrente dos problemas de restrição hídrica no mês de janeiro associado ao ataque de *Spodoptera frugiperda*, já mencionados anteriormente.

Tabela 10. Desdobramento da interação manejo da fertilidade x épocas de avaliação referentes à taxa de acúmulo de matéria seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$) de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade avaliadas aos 29, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência (DAE) da cultura. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	29	50	62	77	117
	-----dias após emergência do sorgo forrageiro-----				
Regional	0,97 a	11,67 b	87,04 c	85,67 c	41,82 c
Melhorado	2,92 a	16,50 b	106,65 c	86,15 c	67,55 bc
Intensificado	18,61 a	40,23 ab	216,36 b	207,66 b	85,46 b
Potencial	28,99 a	48,57 a	269,19 a	256,40 a	118,97 a
DMS			31,71		

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

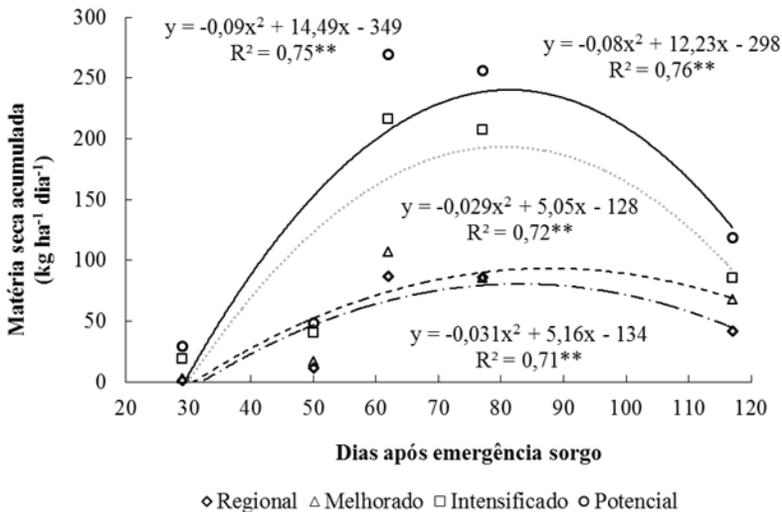


Figura 12. Produtividade de matéria seca acumulada de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivada em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu avaliadas aos 29, 50, 62, 77 e 117 dias após a emergência da cultura sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

3.2. Produtividade de matéria verde e seca e fator de competição entre o sorgo forrageiro e capim Marandu

Na Tabela 11 encontram-se os valores de produtividade (verde e seca) do sorgo forrageiro e capim Marandu por ocasião da ensilagem ocorrida aos 117 DAE. Não ocorreu diferença significativa na produtividade do capim Marandu em função dos tratamentos empregados. Para o sorgo forrageiro, os níveis de manejo da fertilidade contribuíram de forma significativa no resultado, com o manejo Intensificado obtendo as maiores produtividades de matéria seca (Tabela 11).

Na produtividade total (sorgo forrageiro + capim Marandu), os sistemas de manejo Intensificado e Potencial obtiveram produtividades estaticamente superiores aos manejos Regional e Melhorado (Tabela 11).

Ao analisar a proporção de braquiária e de sorgo na produtividade de silagem, foi verificado que as menores produtividades de sorgo nos manejos Regional e Intensificado foram decorrentes da maior participação da braquiária no momento da ensilagem, indicando que, nestes sistemas de manejo, a menor altura e produtividade de matéria seca, associados ao fornecimento limitado de nutrientes, proporcionaram maior competição entre o sorgo forrageiro e a braquiária (Tabela 11). No manejo da fertilidade Potencial, a proporção de braquiária na silagem foi estatisticamente menor que nos demais níveis demonstrando, assim, que, em cultivos consorciados, há necessidade de solos mais corrigidos e com adubações condizentes com a necessidade da cultura de maior importância (neste caso, o sorgo forrageiro). Tal manejo proporcionou melhor desenvolvimento das plantas ao longo dos períodos de avaliação, com maior produtividade de matéria verde e seca, com maior altura de plantas e área foliar, resultando em maior condição para diminuir a competição com o capim Marandu.

Os resultados encontrados neste trabalho e apresentados na Tabela 11 estão aquém das produtividades de sorgo forrageiro encontrados na literatura. Mesmo com a presença do capim Marandu, a produtividade média obtida (17,9 t ha⁻¹ de matéria seca) foi muito inferior ao potencial da região, mesmo no melhor manejo da fertilidade (22,3 t ha⁻¹ de matéria seca). Gontijo Neto et al. (2019), avaliando o estudo de caso de uma propriedade situada numa microrregião com fortes restrições hídricas do município de Unaí-MG, demonstraram que com o consórcio sorgo forrageiro consorciado com capim

Marandu foi possível obter 35,5 t ha⁻¹ de massa verde, também comprometido por um forte veranico durante o período vegetativo. Alvarenga et al. (2019), cultivando sorgo forrageiro + capim do gênero *Metathyrus* (*Syn Panicum*) por 14 anos em Sete Lagoas-MG, encontraram produtividades sempre acima dos valores obtidos neste trabalho. A menor produtividade em todos os anos avaliados pelos autores ocorreu no ano agrícola 2011/2012 (20 t ha⁻¹ de massa verde), justificada pelo veranico severo ocorrido naquele ano agrícola. De acordo com os autores, o sorgo forrageiro é uma cultura estratégica para composição de sistemas consorciados em ILP, em virtude da capacidade adaptativa desta espécie mesmo com condições de restrição hídrica, bastante comuns na região Central de Minas Gerais.

Isto evidenciou que, mesmo com melhor ambiente de cultivo, plantas sob estresse hídrico e com ataque severo de *Spodoptera frugiperda* limitaram o potencial produtivo do sorgo, aumentando potencialmente a produção de capim Marandu. Nos níveis inferiores de manejo, mesmo com maior participação da forrageira na matéria verde e seca, a produtividade foi inferior em 50% comparado ao manejo Potencial. Assim, fica evidenciado que os manejos da fertilidade propostos neste trabalho foram mais ajustados para o desenvolvimento do capim Marandu, mesmo no manejo regional, porém, há de se ressaltar que, em se tratando de um cultivo ILPF, a forrageira irá permanecer sob pastejo durante o período de exploração da área e que, mesmo se não ocorrendo diferenças nos manejos Regional e Melhorado, há maiores probabilidades de que estes dois sistemas possam apresentar rápida degradação da pastagem em decorrência do fornecimento limitado de nutrientes.

Tabela 11. Valores médios de produtividade de matéria verde e seca de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 e *U. brizantha* cv. Marandu cultivados em consórcio e proporção da forrageira sobre a cultura em diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018

Manejo da fertilidade	Braquiária		Sorgo		Total		Proporção B/S	
	Matéria Verde	Matéria Seca	Matéria Verde	Matéria Seca	Matéria Verde	Matéria Seca	Matéria Verde	Matéria Seca
	-----kg ha ⁻¹ -----							
Regional	6.638 a	1.991 a	4.860 d	1.347 d	11.498 c	3.330 c	55,7 a	57,7 a
Melhorado	9.257 a	2.777 a	7.962 c	2.361 c	17.219 b	5.138 b	53,7 a	54,0 ab
Intensificado	9.459 a	2.838 a	11.309 b	3.825 b	20.820 ab	6.662 a	45,0 a	42,5 b
Potencial	6.301 a	1.890 a	15.999 a	5.329 a	22.300 a	7.219 a	27,7 b	25,7 c
Média	7.913	2.374	10.032	3.215	17.959	5.587	45	45
DMS	4.014	1.204	1.420	528	3.750	1.074	13,7	14,3

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos de matéria verde e seca de forragem apresentados na Tabela 11 podem ser mais bem compreendidos ao analisar os resultados de altura de plantas de sorgo forrageiro e de capim Marandu obtidos também na ocasião da ensilagem e apresentados na Tabela 12. No manejo da fertilidade Regional, com menor disponibilidade de nutrientes, foi observada menor altura de plantas para as duas espécies. As alturas foram aumentando progressivamente e, por consequência, o fator de competição entre as espécies também foi reduzido. Para esta variável, ainda, nos manejos Melhorado e Intensificado, o fator de competição da forrageira foi menor, indicando que, nestes sistemas, o capim Marandu exerceu menor fator de competição comparado aos demais tratamentos. Porém, como no manejo Potencial houve maior crescimento das plantas ao longo do período de desenvolvimento, esta competição foi reduzida pelo maior potencial de desenvolvimento do sorgo forrageiro, visto que é uma cultura exigente e, associado a maior disponibilidade de nutrientes, promoveu maior incremento de matéria seca, superando a desfolha provocada pelo ataque de *Spodoptera frugiperda*.

Assim, fica evidente que, analisando somente o capim Marandu, todos os manejos da fertilidade avaliados foram suficientes para seu estabelecimento. Porém, ao consorciar com sorgo, no manejo Regional, este sistema de cultivo é prejudicado, pois, embora com fornecimento de nutrientes adequado para o capim, há pouco desenvolvimento do sorgo, limitando assim o cultivo deste consórcio com este manejo da fertilidade.

Tabela 12. Valores médios de altura de plantas de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 e de *U. brizantha* cv. Marandu e fator de competição Marandu/sorgo cultivados em consórcio sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	-----Altura-----		Fator de competição
	-----cm-----		-----%-----
	Sorgo (S)	Marandu (M)	M/S
Regional	147,05 b	119,47 c	81,82 a
Melhorado	179,55 a	130,90 b	73,27 c
Intensificado	183,92 a	137,12 a	74,62 c
Potencial	183,92 a	142,30 a	77,42 b
Média	173,61	132,45	76,87
DMS	7,67	5,49	0,025

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Ao analisar o fracionamento da planta de sorgo no momento da ensilagem (Tabela 13) verificou-se que em todos os componentes (folha, colmo, panícula e total) a produtividade de matéria seca foi crescente, conforme a melhoria proporcionada pelo manejo da fertilidade. Ao analisar a proporção de cada componente na matéria seca de cada sistema de manejo da fertilidade foi possível constatar que, no manejo Regional, há maior proporção de colmos em detrimento de folhas e panículas (Tabela 13). Com a melhoria no fornecimento de nutrientes, houve uma diminuição na proporção de folhas e aumento na proporção de panícula indicando que, nos sistemas de manejo da fertilidade melhorados, a planta conseguiu direcionar parte de seus fotoassimilados para a formação da panícula, mesmo com os problemas enfrentados durante o período vegetativo, pois, assim como apresentado nas Tabelas 5,6 e 7, as plantas cultivadas nos manejos Regional e Melhorado obtiveram menores índices de área foliar e taxa de expansão foliar ao longo do período de desenvolvimento. Conseqüentemente, nestas condições limitantes de nutrientes e com deficiência hídrica e ataque de *Spodoptera frugiperda*, todas as variáveis relacionadas (altura de plantas e produtividade de matéria verde e seca) foram comprometidas, aumentando, assim, a competição entre o sorgo forrageiro e o capim Marandu. Com isso, o sorgo forrageiro, nestes tratamentos, foi menos eficiente na produção de matéria verde e seca na ocasião da ensilagem, principalmente na produção de panícula, importante fonte de proteína para a silagem de sorgo (Figura 13).

Tabela 13. Valores médios de produtividade de matéria seca de folha, colmo, panícula e proporções dos componentes na matéria seca total de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivadas em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Matéria seca				Proporção na matéria seca total		
	-----kg ha ⁻¹ -----				-----%-----		
	Folha	Colmo	Panícula	Total	Folha	Colmo	Panícula
Regional	463 d	781 d	102 c	1.347 d	34,4	57,9	7,5
Melhorado	715 c	1404 c	241 c	2.360 c	30,3	59,3	10,4
Intensificado	864 b	1947 b	1013 b	3.825 b	22,6	51,2	26,2
Potencial	1264 a	2492 a	1573 a	5.329 a	23,7	47,1	29,2
Média	826	1825	732	3.215			
DMS	123	282	214	528			

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.



Fotos: Emerson Borghi.

Figura 13. Plantas de sorgo forrageiro e de capim Marandu no tratamento referente ao manejo da fertilidade Regional, durante o período de estiagem no período vegetativo. Curvelo-MG, janeiro de 2018.

3.3. Extração de nutrientes pelo sorgo forrageiro consorciado com capim Marandu

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados de extração de nitrogênio, fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) nos diferentes segmentos da planta de sorgo forrageiro por ocasião da ensilagem. Importante lembrar que este valor é obtido pela multiplicação entre o teor de nutrientes (obtido em $g\ kg^{-1}$) e da produtividade de matéria seca total do sorgo forrageiro desta época de amostragem ($kg\ ha^{-1}$). Constatou-se que, para os três nutrientes, o investimento crescente no manejo da fertilidade representou maior extração de nutrientes, resultado este já esperado.

Tabela 14. Extração de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) por segmento da planta de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Colmo	Folha	Panícula	Total
	-----kg ha ⁻¹ -----			
-----N-----				
Regional	3,90 d	6,34 c	1,84 c	12,08 d
Melhorado	6,22 c	10,95 b	4,44 c	21,61 c
Intensificado	10,25 b	12,78 b	15,01 b	38,04 b
Potencial	16,61 a	17,53 a	20,87 a	55,02 a
Média	9,24	11,90	10,54	31,69
DMS	1,65	2,20	2,85	5,60
-----P ₂ O ₅ -----				
Regional	0,70 c	0,83 c	0,54 c	2,07 c
Melhorado	1,49 b	1,33 b	1,36 c	4,18 c
Intensificado	1,89 a	1,45 b	6,10 b	9,44 b
Potencial	2,03 a	2,14 a	13,33 a	17,50 a
Média	1,53	1,44	5,33	8,30
DMS	0,37	0,28	2,13	2,32
-----K ₂ O-----				
Regional	11,82 b	8,31 c	0,81 c	20,96 c
Melhorado	10,04 b	11,41 c	1,60 c	23,05 c
Intensificado	18,51 a	15,34 b	4,46 b	38,31 b
Potencial	22,31 a	21,51 a	8,05 a	51,87 a
Média	15,67	14,15	3,73	33,54
DMS	3,91	3,21	1,04	6,56

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Para converter P_2O_5 em P e K_2O em K, dividir, respectivamente, os valores da tabela por 2,29 e 1,20.

Para o N, nos menores níveis de investimento (Regional e Melhorado), maiores concentrações foram encontradas na seguinte ordem: folha > colmo > panícula. A partir do manejo Intensificado e Potencial, a concentração de N ocorreu na ordem: panícula > folha > colmo. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial a extração de N foi 4,6 vezes superior à extração no manejo Regional.

No caso do P_2O_5 , além da diferença entre os níveis de manejo da fertilidade em cada tratamento, a proporção nos diferentes segmentos foi diferente (Tabela 14). Tal resultado pode ser correlacionado ao estresse provocado pelo longo período de veranico de janeiro. Como o fósforo está relacionado ao potencial de produção de ATP para o desenvolvimento das plantas, a disponibilidade deste elemento em razão dos níveis de fertilidade empregados foi determinante na absorção pelas plantas. Com o maior aporte de P nos manejos Intensificado e Potencial, maior concentração deste elemento foi encontrada na panícula, o que não ocorreu nos manejos Regional e Melhorado, em que as maiores concentrações foram encontradas na folha e no colmo, respectivamente. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial a extração de P_2O_5 foi 8,7 vezes superior à extração no manejo Regional.

Em relação ao K_2O , além da maior extração em razão da maior quantidade disponibilizada pelas estratégias de manejo da fertilidade, a maior extração deste nutriente foi observada no colmo, à exceção do manejo Melhorado (Tabela 14). Além disso, nos três segmentos da planta, os valores de extração de K_2O nos manejos Regional e Melhorado foram estatisticamente semelhantes e inferiores aos demais tratamentos. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de K_2O foi 2,5 vezes superior à extração no manejo Regional.

Os dados apresentados na Tabela 15 referem-se à extração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Assim como os nutrientes descritos na Tabela 14, o maior investimento no manejo da fertilidade também proporcionou maior extração destes três nutrientes, muito embora, na média entre os tratamentos, nos manejos Melhorado e Intensificado, a extração de Ca e Mg sejam estatisticamente semelhantes (Tabela 15). Para o S, o aumento crescente proporcionado pelas estratégias de manejo da fertilidade, associado às fontes utilizadas para fornecimento de enxofre (gesso agrícola e super-

simples em correção), proporcionou respostas crescentes no fornecimento e, conseqüentemente, na extração das plantas de sorgo forrageiro por ocasião da ensilagem.

Com relação ao Ca, nos três segmentos da planta, maiores valores foram encontrados na folha e menores na panícula (Tabela 15), justamente pela função deste nutriente na constituição da parede celular das folhas e baixa mobilidade quando absorvido (Simão, 2020). Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de Ca foi 1,9 vez superior à extração no manejo Regional.

No Mg, maiores concentrações foram observadas no colmo (Tabela 15), muito embora, no manejo Potencial, a proporção entre os três segmentos seja semelhante. Além disso, ao analisar a extração de Mg no colmo, somente o manejo Regional obteve valores estaticamente inferiores aos demais tratamentos. Na folha, o manejo Intensificado apresentou menor extração de Mg em comparação aos manejos Potencial e Melhorado, porém, superior ao manejo Regional. Na panícula, o aumento crescente na oferta de Mg pelos manejos proporcionou maiores extrações neste segmento. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de Mg foi 2,3 vezes superior à extração no manejo Regional.

Para o S, o aumento crescente na oferta deste nutriente pelas estratégias de manejo significou extrações diferentes e significativas nos três segmentos da planta. Independentemente do manejo, maiores valores foram encontrados no colmo (Tabela 15). Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de S foi 3,6 vezes superior à extração no manejo Regional.

Tabela 15. Extração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) por segmento da planta de sorgo forrageiro cultivar BRS 658, cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Colmo	Folha	Panícula	Total
	-----kg ha ⁻¹ -----			
-----Ca-----				
Regional	1,05 c	1,93 c	0,15 c	4,14 c
Melhorado	1,52 b	3,37 b	0,38 b	5,27 b
Intensificado	1,29 a	3,66 b	0,86 a	5,81 b
Potencial	1,29 a	5,53 a	1,00 a	7,80 a
Média	1,53	3,63	0,60	5,76
DMS	0,15	0,65	0,17	0,85
-----Mg-----				
Regional	2,75 b	1,73 c	0,29 c	4,78 c
Melhorado	3,97 a	3,13 a	0,69 c	7,80 b
Intensificado	3,62 a	2,33 b	2,22 b	8,17 b
Potencial	3,64 a	3,11 a	3,95 a	10,70 a
Média	3,50	2,58	1,79	7,86
DMS	0,76	0,59	0,53	1,55
-----S-----				
Regional	0,77 c	0,54 c	0,11 c	1,42 d
Melhorado	1,34 b	0,91 b	0,28 c	2,51 c
Intensificado	1,46 b	0,93 b	0,94 b	3,34 b
Potencial	2,01 a	1,41 a	1,60 a	5,02 a
Média	1,40	0,94	0,73	3,07
DMS	0,31	0,18	0,20	0,59

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na Tabela 16 encontram-se os resultados da extração dos micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Assim como verificado para os macronutrientes, o investimento crescente no manejo da fertilidade proporcionou maiores quantidades absorvidas e, conseqüentemente, maiores extrações de cada um dos nutrientes analisados.

Tabela 16. Extração de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) por segmento da planta de sorgo forrageiro cultivar BRS 658, cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Colmo	Folha	Panícula	Total
	g ha ⁻¹			
	-----Cu-----			
Regional	4,07 d	3,47 c	0,91 c	8,46 d
Melhorado	5,61 c	5,67 b	2,43 c	13,71 c
Intensificado	8,09 b	6,34 b	10,67 b	25,11 b
Potencial	10,36 a	8,87 a	17,57 a	36,81 a
Média	7,03	6,09	7,90	21,02
DMS	1,50	1,09	2,66	4,45
	-----Fe-----			
Regional	41,99 a	63,75 c	3,66 c	109,40 c
Melhorado	148,57 a	99,64 bc	14,86 c	263,06 b
Intensificado	78,35 a	115,77 b	68,70 b	262,82 b
Potencial	102,97 a	198,59 a	132,64 a	434,20 a
Média	92,97	119,44	54,94	267,37
DMS	112,46	44,60	29,01	125,31
	-----Mn-----			
Regional	72,33 d	24,64 d	6,09 d	103,11 d
Melhorado	103,18 c	41,80 c	15,81 c	160,80 c
Intensificado	174,94 b	62,97 b	48,88 b	286,80 b
Potencia	204,57 a	106,26 a	71,41 a	382,26 a
Média	138,77	58,92	35,55	233,24
DMS	25,22	10,89	9,71	43,15
	-----Zn-----			
Regional	16,46 c	6,53 c	3,70 c	26,70 d
Melhorado	24,89 b	10,59 b	9,17 c	44,65 c
Intensificado	28,47 b	9,48 b	31,47 b	69,42 b
Potencial	47,69 a	15,83 a	58,14 a	121,67 a
Média	29,37	10,61	25,62	65,61
DMS	6,31	2,08	7,71	13,54

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Para o Cu (Tabela 16), as maiores ofertas de micronutrientes nos manejos Intensificado e Potencial proporcionaram maior extração na panícula e, nos manejos Regional e Melhorado, a extração ocorreu em maiores proporções no colmo. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de Cu foi 4,3 vezes superior à extração no manejo Regional.

Com Fe e Mn, além das maiores extrações ocorrerem no nível de manejo Potencial, maiores extrações foram encontradas no colmo > folha > panícula (Tabela 16). Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial a extração de Cu foi 3,9 vezes superior à extração no manejo Regional. No caso do Mn, a diferença no manejo Potencial foi 3,7 vezes superior à extração no manejo Regional.

Em relação ao Zn, nos manejos Regional e Melhorado, a ordem de extração ocorreu da seguinte maneira: colmo > folha > panícula. Nos manejos Intensificado e Regional, a ordem foi a seguinte: panícula > colmo > folha (Tabela 16). É possível observar que, no caso do Zn, a maior adição deste nutriente via correção com FTE mais a adubação de semeadura no manejo Potencial foi possível maior disponibilidade de Zn para a planta e que, em face da importância do Zn na formação dos grãos, quantidades consideráveis foram translocadas para a panícula, o que não foi possível nos manejos com ausência no aporte deste elemento. Considerando o valor total médio de extração deste nutriente entre os tratamentos, no manejo Potencial, a extração de Zn foi 4,5 vezes superior à extração no manejo Regional.

Considerando todos os nutrientes analisados, a extração pelo sorgo forrageiro cultivar BRS 658 no momento da ensilagem seguiu a seguinte sequência para os macronutrientes: K > N > P > Mg > Ca > S. Para os micronutrientes a sequência foi: Fe > Mn > Zn > Cu. Além disso, observou-se que as quantidades de nutrientes fornecidas via correção e adubação nos níveis de manejo Regional e Melhorado não foram suficientes para suprir a planta de forma a evidenciar maiores produtividades de matéria seca no momento da ensilagem. Mesmo com baixas produtividades em razão do período de veranico durante os estádios vegetativos, maiores aportes de nutrientes são necessários para proporcionar quantidades suficientes para as plantas suportarem a adversidade climática e, ao mesmo tempo, translocarem estes

nutrientes para as panículas e os grãos que, conjuntamente com o colmo e a folha, irão proporcionar uma silagem de melhor qualidade nutricional.

Em relação à ordem de extração de acordo com cada segmento da planta no momento da ensilagem ficou evidenciado que, com os Manejos Intensificado e Potencial, há priorização da translocação de nutrientes importantes para a formação da panícula, tais como o N, P, Mg, Cu, Fe e Zn pois, nestes sistemas de manejo, a extração destes nutrientes passou a ser maior na panícula comparado aos manejos Regional e Intensificado.

3.4. Qualidade bromatológica do sorgo forrageiro por ocasião da colheita para silagem

Os resultados apresentados na Tabela 17 referem-se aos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nutrientes digestíveis totais (NDT) e à produtividade de NDT, esta última obtida através da multiplicação do teor de NDT (expresso em %) pela produtividade de matéria seca do sorgo forrageiro no momento da ensilagem.

No manejo Potencial, os teores de PB e FDA foram estatisticamente inferiores aos demais (Tabela 17). Isso foi decorrente da maior altura das plantas neste nível de manejo, assim, plantas com menor porte podem acumular maiores quantidades de PB e fibras, conhecido como “efeito diluição”. O menor teor de PB no nível de manejo Potencial não significa uma silagem de pior qualidade, pois o teor e a quantidade de NDT foram superiores neste tratamento em relação aos demais. Importante observar que, no manejo Intensificado, os teores de NDT foram estatisticamente superiores, demonstrando que, neste manejo da fertilidade, as plantas apresentaram melhores características bromatológicas em comparação aos demais tratamentos. A quantidade de NDT por hectare foi significativamente crescente com o aumento no manejo da fertilidade entre os tratamentos. Os valores encontrados neste trabalho mostraram-se inferiores aos de Quintino et al. (2013) que, no consórcio de sorgo forrageiro BRS 801 semeado em safrinha ao final do período chuvoso, obtiveram 4.940 kg ha⁻¹ de NDT. Assim, evidencia-se que a baixa produtividade de matéria seca deste trabalho foi o principal impeditivo para o aumento na disponibilidade de NDT na silagem, pois se esperavam

valores superiores aos da literatura mencionada, em razão da época de semeadura (novembro de 2018).

Tabela 17. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nutrientes digestíveis totais (NDT) de sorgo forrageiro cultivar BRS 658 cultivado em consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de manejo da fertilidade, por ocasião da ensilagem. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	PB	FDN	FDA	Lignina	NDT	
	-----%-----				%	kg ha ⁻¹
Regional	7,34 ab	72,99 b	40,04 b	4,69 c	59,80 b	807 d
Melhorado	7,75 a	74,11 a	41,79 a	6,18 ab	58,59 c	1.383 c
Intensificado	7,45 ab	73,54 ab	38,65 c	6,05 b	60,78 a	2.327 b
Potencial	7,08 b	73,22 ab	39,20 bc	6,65 a	60,39 ab	3.222 a
Média	7,41	73,47	32,92	5,90	59,89	1.935
DMS	0,59	1,06	1,03	0,57	0,72	321

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

3.5. Produtividade e qualidade bromatológica do capim Marandu pós-colheita da silagem

Após a colheita da silagem (fevereiro de 2018), houve rebrota do capim Marandu nos sistemas de manejo Intensificado e Potencial, além das faixas cultivadas nos manejos Regional e Melhorado. Assim, a partir desta época, a área permaneceu somente com o componente pecuário e florestal, sem entrada de animais em nenhum dos tratamentos. Em decorrência da produção da forrageira pelo final do período chuvoso e das temperaturas altas, foi estabelecido que, nos sistemas Regional e Melhorado, seria feita a colheita do capim Marandu para fenação no restante da área destes tratamentos. Após este manejo, durante o período março de 2018 a novembro de 2018, os tratamentos permaneceram vedados para o início do novo ciclo de exploração a partir da próxima estação chuvosa.

Assim, na Tabela 18, constam os valores de altura e produtividade de matéria seca do capim Marandu nos momentos antes do manejo citado acima (março de 2018) e após o pleno estabelecimento do período chuvoso (novembro de 2018).

Nas duas épocas, foi possível observar que a maior disponibilidade de nutrientes em razão dos níveis de manejo da fertilidade ocasionou produtividades e altura do dossel significativas e crescentes do capim Marandu (Tabela 18). Em março, o manejo Melhorado foi superior ao Regional, porém, na avaliação de novembro de 2018, as produtividades de matéria seca e de altura de capim nestes dois tratamentos foram estatisticamente semelhantes, demonstrando que, mesmo com aportes de nutrientes maiores no manejo Melhorado em relação ao Regional, esta estratégia não foi suficiente para promover diferenças na produtividade do capim após um ano de implantação do sistema. É importante salientar que, após a avaliação de novembro, houve adubação nitrogenada diferenciada entre os tratamentos (com exceção do manejo Regional). Assim, embora no manejo Melhorado a produtividade esteja semelhante ao manejo com menor aporte de nutrientes (Regional), há grande probabilidade de que o capim possa recuperar sua produção no manejo Melhorado, embora muito inferior aos manejos Intensificado e Potencial.

Tabela 18. Altura de plantas e produtividade de matéria seca de *U. brizantha* cv. Marandu consorciada com sorgo forrageiro BRS 658 nos meses de março (pós-colheita de silagem) e novembro de 2018, sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	Março		Novembro	
	-----cm-----	kg ha ⁻¹	-----cm-----	kg ha ⁻¹
Regional	54,5 d	2168 d	26,9 c	325 c
Melhorado	74,5 c	3097 c	28,2 c	365 c
Intensificado	93,0 b	4679 b	45,4 b	1107 b
Potencial	108,0 a	5823 a	54,3 a	1324 a
Média	82,5	3505	38,73	780
DMS	10,89	182	3,71	124

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na Tabela 19 estão demonstrados os teores de PB, FDN, FDA, lignina e NDT do capim Marandu nas duas épocas de avaliação. No mês de março de 2018, no manejo da fertilidade Potencial, o capim Marandu apresentou maiores teores de FDN, FDA, lignina e menor teor de NDT e PB. No manejo Intensificado, o teor de lignina foi estatisticamente semelhante ao manejo potencial e superior aos manejos Regional e Intensificado. Estes resultados têm estreita relação com o porte das plantas no momento da avaliação e a quantidade de matéria seca. Assim, no manejo Potencial, com maior altura do dossel e matéria seca, eram esperados maior teor de fibras e menores teores de PB e NDT, assim como constatado.

Porém, ao analisar a quantidade de NDT por hectare (Tabela 19), é possível observar que a quantidade de matéria seca produzida no manejo Potencial ocasionou maior disponibilidade de NDT e, conseqüentemente, de PB, justamente pela maior produtividade de matéria seca nesta época de avaliação. O tratamento em que as características bromatológicas demonstraram melhor qualidade foi no manejo Intensificado que, mesmo com diferenças significativas com os tratamentos em algumas variáveis, apresentou sempre maiores teores de PB, NDT e lignina e menores teores de fibras (FDN e FDA).

No mês de novembro de 2018, embora com maior produtividade de forragem nos manejos Intensificado e Regional, o manejo da fertilidade Potencial apresentou maior teor de PB quando comparado aos valores obtidos em março (Tabela 19). Para as demais variáveis, os teores foram semelhantes entre os tratamentos, demonstrando que estas características não são alteradas em razão do tempo e do manejo, mas sim da disponibilidade de forragem. Ainda no mês de novembro de 2018, o manejo Potencial obteve o menor teor de FDN e maior teor de FDA comparado aos demais tratamentos, muito embora, para esta última variável, os teores são estatisticamente semelhantes ao manejo Melhorado e Intensificado. Não houve diferença entre os tratamentos no teor de lignina.

O manejo Potencial apresentou teor de NDT estatisticamente inferior aos demais no mês de março de 2018, porém, na análise de NDT levando em consideração a produtividade de matéria seca, este sistema de manejo da fertilidade apresentou maior valor nas duas épocas avaliadas indicando que, embora os teores sejam elevados, a disponibilidade e a qualidade bromatológica são dependentes da oferta da forragem no momento de sua utilização ou finalidade.

Tabela 19. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nutrientes digestíveis totais (NDT) de *U. brizantha* cv. Marandu consorciada com sorgo forrageiro BRS 658 nos meses de março (pós-colheita de silagem) e novembro de 2018 sob diferentes níveis de manejo da fertilidade. Curvelo-MG, safra 2017/2018.

Manejo da fertilidade	-----FDN (%)-----		-----FDA (%)-----	
	Março	Novembro	Março	Novembro
Regional	72,90 ab	70,01 a	38,25 b	32,95 b
Melhorado	71,80 bc	69,95 a	38,84 b	33,42 ab
Intensificado	70,69 c	69,20 a	38,82 b	34,77 a
Potencial	73,01 a	66,55 b	40,92 a	33,95 ab
Média	72,18	68,93	38,98	33,77
DMS	1,15	1,62	0,82	1,37
	-----Lignina (%)-----		-----Proteína Bruta (%)--	
	Março	Novembro	Março	Novembro
Regional	5,91 b	4,91 a	8,21 b	10,33 c
Melhorado	5,98 b	5,22 a	8,58 b	11,52 ab
Intensificado	6,81 a	5,42 a	10,33 a	10,93 bc
Potencial	6,83 a	5,42 a	8,81 b	12,47 a
Média	6,23	5,25	8,78	11,31
DMS	0,31	0,53	0,69	0,98
	-----NDT (%)-----		-----NDT (kg ha ⁻¹)-----	
	Março	Novembro	Março	Novembro
Regional	61,06 a	64,77 a	1321,8 d	210,4 c
Melhorado	60,65 a	64,44 ab	1872,7 c	234,0 c
Intensificado	60,66 a	63,50 b	2836,1 b	700,6 b
Potencial	59,19 b	64,07 ab	3442,5 a	849,1 a
Média	60,54	64,19	2111,28	498,54
DMS	0,58	0,96	110,99	76,37

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Rezende et al. (2016c), avaliando o consórcio de sorgo forrageiro com diferentes cultivares de capins visando produção de silagem, observaram que há diferenças entre as espécies forrageiras. No caso do consórcio com Marandu, a produtividade de forragem pós-colheita de silagem foi de 1.507 kg ha⁻¹, valor bem superior ao obtido neste trabalho. Provavelmente, as condições de falta de chuva e o estabelecimento de capim pós-colheita da silagem são fatores a serem observados nestas situações. Porém, os autores ressaltam que, muito embora a produtividade de matéria seca do capim em consórcio tenha menor produtividade que o capim cultivado isoladamente, a consorciação entre o sorgo forrageiro e os capins é uma estratégia vantajosa, pela pastagem formada após a ensilagem e pela manutenção da estabilidade produtiva alcançada pelo sorgo forrageiro, além da silagem produzida ao final do cultivo, sendo uma oportunidade para suplementação de animais no período seco do ano. Por fim, os autores concluem que a oportunidade de produtividade de capim, mesmo após 117 dias do corte para silagem, é suficiente para incrementar a oferta de forragem por área nos sistemas consorciados, em comparação ao cultivo isolado do sorgo.

5. Considerações Finais

O maior investimento em fertilidade proporciona melhor desenvolvimento do sorgo e reduz a competição com o capim Marandu, produzindo uma silagem de melhor qualidade nutricional e possibilitando maior estabelecimento da forrageira após a colheita.

Mesmo com produtividade de silagem prejudicada em função das condições climáticas e do ataque de *Spodoptera frugiperda*, a estratégia de produção de sorgo forrageiro com capim Marandu é interessante, pois permite a diversificação agropecuária no início do estabelecimento do ILPF. A silagem produzida pode ser fonte de renda, uma vez que o capim pós-colheita produz satisfatoriamente em face das condições climáticas, garantindo forragem de quantidade e qualidade para o segundo ano de implantação do sistema. A fenação do capim produzido também pode ser uma fonte de rendimento para o produtor.

As respostas ao manejo da fertilidade promoveram maior produtividade da forrageira após a colheita da silagem e, mesmo após 12 meses da implantação dos tratamentos, houve resposta significativa da produtividade do capim demonstrando que, em sistemas ILPF, a resposta ao manejo da fertilidade deverá levar em conta o longo tempo de condução do sistema.

Pelos resultados apresentados, nos níveis de manejo da fertilidade Regional e Melhorado, não se recomenda o cultivo do sorgo na fase de implantação do sistema ILPF. A quantidade restrita de nutrientes fornecidos limita a produção das espécies, e o capim Marandu, mesmo com um ano de implantação, apresenta menor potencial produtivo de matéria seca.

6. Agradecimentos

À Sociedade Quintas, proprietária da Fazenda Lagoa dos Currais; À Embrapa e à Associação Rede ILPF, pelo suporte aos projetos “Estratégia ILPF para inovação agropecuária na região do Cerrado Mineiro e áreas limítrofes (SEG 20.18.03.015.00.00) e “Conversão de pastagem degradada em ambientes de produção intensiva (ILPF) na região central de Minas Gerais”, respectivamente.

7. Referências

AGUIAR, P. A. A.; SCHAFFERT, R. E. Ensaio nacional de sorgo forrageiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semi-Árido. **Resumo de atividades de pesquisas**. Petrolina, 1977. v. 1, p. 16-18.

ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; CARVALHO, E. R. de O.; ALBERNAZ, W. M.; VENTURIN, R. P.; OLIVEIRA, I. R. de; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da. Integração lavoura-pecuária-floresta na região Central de Minas Gerais, Brasil. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 41, p. 669-686.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

BARRETO, C. D.; ALVES, F. V.; RAMOS, C. E. C. de O.; LEITE, M. C. de P.; LEITE, L. C.; KARVATTE JÚNIOR, N. Infrared thermography for evaluation of the environmental thermal comfort for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 881-888, 2020.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; BORGHI, E.; OLIVEIRA, A. C. de; KÁLITA, L. **Intensificação agropecuária no Cerrado**: crescimento do eucalipto em ILPF sob diferentes níveis de investimento tecnológico. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica). No prelo.

CAXITO, A. M. **Desempenho agrônomo e qualidade nutricional de silagens de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em região semiárida**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2017.

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

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado. **Informações Agrônomicas**, n. 161, p. 9-21, mar. 2018a.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; RESENDE, A. V. de; VIANA, M. C. M. Milho e sorgo: culturas estratégicas para arranjos produtivos em integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018b. cap. 15, p. 397-434.

GONTIJO NETO, M. M.; SILVA, R. V. e; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; MELO, C. J.; ABREU, S. C. de. **Alternativas de integração lavoura-pe-**

cuária para produção de forragens e recuperação de pastagens. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 257).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos (1931-1960 e 1961-1990).** Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 10 set. 2019.

PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. Animal thermal confort indexes in silvipastoral systems with diferente tree arrangements. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 103-111, 2019.

QUINTINO, A. C.; ABREU, J. G.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; CABRAL, L. S.; GALATI, R. L. Production and nutritive value of piatã grass and hybrid sorghum at different cutting ages. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 35, n. 3, p. 243-249, 2013.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 11, v. 17, p. 206-226, 2015.

REIS, R. J.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Chuvas em Minas Gerais.** Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica, 2012. 96 p.

RESENDE, A. V. de; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. de; MOREIRA, S. G.; GONTIJO NETO, M. M. **Requerimentos nutricionais do milho para produção de silagem.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016a. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 221).

RESENDE, H.; RODRIGUES, J. A. S.; OLIVEIRA, J. S. e; MIRANDA, J. E. C. de; LEITE, J. L. B. **Tecnologia e custo de produção de silagem de sorgo.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016b. 13 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 81).

RESENDE, A. V. de; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; SIMÃO, E. P.; GIEHL, J.; ABREU, S. C.; HURTADO, S. M. C.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. C.; MARRIEL, I. E.; SANTANA, D. P.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M. **Intensificação agropecuária no Cerrado: construção da fertilidade do solo como base para aumento do potencial produtivo e convivência com a**

seca. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 265).

REZENDE, B. P. M.; JAKELAITIS, A.; TAVARES, C. J.; MARANGONI, E.; CUNHA, P. C. R. Consórcio de sorgo com espécies forrageiras. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 57-64, jan./mar. 2016c.

SANTANA, D. P.; NOCE, M. A.; BORGHI, E.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; MULLER, M. D.; MARTINS, C. E.; BERNARDO, W. F.; VIANA, M. C. M.; PIRES, J. A. de A.; CALSAVARA, L. H. F.; MELLO, B. L. B. de; COSTA, F. A. de S.; OLIVEIRA, C. S. S. e. Sistemas ILPF e transferência de tecnologia nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos**. Brasília: DF, Embrapa, 2019. p. 192-233.

SIMÃO, E. de P. **Desempenho produtivo e avaliação econômica de sistemas intensificados de cultivo de grãos na região central de Minas Gerais**. 2020. 61 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

SILVA, L. de C. M. da. **Qualidade física do solo, armazenamento de água e erosão hídrica em sistemas de produção de grãos na região central de Minas Gerais**. 2020. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

SILVA, P. C. G. da. **Rendimento agrícola e atributos do solo em sistemas de produção com variação de preparo do solo e sucessão de culturas com sorgo forrageiro e soja no verão e milho solteiro e consorciado com braquiária no inverno**. 2015. 67 f. Tese (Doutorado) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2015.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D. R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. p. 130-131.



Milho e Sorgo

Apoio:



Parceria:



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL