

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

VALENTINA YLLUYANKA MÉNDEZ MONCADA

**EXISTE FLEXIBILIDADE NAS METAS DE ALTURA PRÉ-PASTEJO  
EM CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI?**

Lages, SC

2024

VALENTINA YLLUYANKA MÉNDEZ MONCADA

**EXISTE FLEXIBILIDADE NAS METAS DE ALTURA PRÉ-PASTEJO EM CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI?**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Dr. André Fischer Sbrissia

Co-orientadora: Dra. M. Gabriela Pittaro

LAGES, SC

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Méndez, Valentina  
EXISTE FLEXIBILIDADE NAS METAS DE ALTURA  
PRÉ-PASTEJO EM CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI? /  
Valentina Méndez. -- 2024.  
113 p.

Orientador: André Fischer Sbrissia  
Coorientador: Maria Gabriela Pittaro  
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2024.

1. Manejo do dossel. 2. Homeostase. 3. Perfilho. 4.  
Gramíneas formadoras de touceiras.. I. Fischer Sbrissia,  
André . II. Pittaro, Maria Gabriela. III. Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo amor, apoio e compreensão.

Agradeço a equipe do NUPEP que sempre me apoiaram durante estes 4 anos. Fernanda, Emiliano e Diego sua colaboração foi indispensável para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. André Fischer Sbrissia pela orientação e dedicação, graças ao senhor tenho outra visão sobre a ciência.

Agradeço ao Dr. Daniel Schmitt e Dra. Gabriela Pittaro, nossas conversas enriqueceram muito a minha vida profissional e pessoal.

Agradeço ao Brasil, país que me acolheu de braços abertos e brindou um novo lar.

Agradeço a UDESC e todos os professores do PPG Ciência Animal, cada um de vocês foi uma fonte de inspiração.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Eternamente grata

*"Ninguém deixa sua casa até que casa seja uma voz suada no seu ouvido  
dizendo...  
saia  
fuja de mim agora  
eu não sei o que eu me tornei  
mas eu sei que qualquer lugar  
é mais seguro que aqui."*

**Warsan Shire**



LAGES  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
AGROVETERINÁRIAS

#### ATA DE BANCA DE AVALIAÇÃO DE TESE DOUTORADO

Aos dezesseis de julho de dois mil e vinte e quatro, às 14h00, reuniu-se a Banca de Avaliação da Tese de Doutorado em Ciência Animal da doutoranda VALENTINA YLLUYANKA MÉNDEZ MONCADA, intitulada "Acúmulo de forragem e dinâmica populacional em pastos de capim-kurumi submetidos a alturas de pastejo", sendo a banca composta por: Dr. André Fischer Sbrissia na qualidade de Presidente, Dr. Sila Carneiro da Silva, Dr. Tiago Celso Baldissera, Dra. Kelen Cristina Basso e Dr. Daniel Schmitt na qualidade de membros. Sendo membros suplentes o Dr. Cassiano Eduardo Pinto e o Dr. Fábio Cervo Garagorry. Após defesa pública da referida Tese pela Doutoranda perante a Banca e o público presente, a Banca de Avaliação atribuiu à mesma a seguinte avaliação:

Membro da Banca	Assinatura
Dr. André Fischer Sbrissia - UDESC/Lages - SC (presidente)	
Dr. Sila Carneiro da Silva - USP/Esalq - SP (membro externo)	
Dr. Tiago Celso Baldissera - EPAGRI/Lages - SC (membro externo)	
Dra. Kelen Cristina Basso - UFSC (membro externo)	
Dr. Daniel Schmitt - UDESC/Lages - SC (membro)	
Dr. Cassiano Eduardo Pinto - EPAGRI/Lages - SC (suplente)	
Dr. Fábio Cervo Garagorry - EMBRAPA (suplente)	

Avaliação Final - Parecer da Banca:

- (X) Aprovação  
( ) Aprovação mediante correções  
( ) Reprovação

Observações: ALTERAÇÃO NO TÍTULO: "EXISTE FLEXIBILIDADE NAS MEIAS DE ALVEIA PRÉ-PASTEJO EM CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI?"

Lages, 16 de julho de 2024.

Visto do Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal:

Despacho para Secretaria em:

## RESUMO

Moncada, Valentina Ylluyanka. **EXISTE FLEXIBILIDADE NAS METAS DE ALTURA PRÉ-PASTEJO EM CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI?** 2024. 113p. Tese (Doutorado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Lages, 2024.

A utilização do Índice de Área Foliar (IAF) como critério de manejo de pastos sob lotação intermitente está bem estabelecido como critério de manejo para garantir elevado acúmulo líquido de forragem quando a rebrota é interrompida na altura de dossel correspondente a 95% de interceptação luminosa (IL). Apesar disto, estudos demonstram a habilidade das plantas forrageiras de porte baixo para realizar ajustes que permitam a manutenção da produção forrageira em alturas inferiores daquela correspondente ao IAF<sub>crítico</sub>. Estes ajustes variam conforme os limites da plasticidade fenotípica da espécie e agem sobre o tamanho e população de perfilhos/fluxo de tecidos, impactando de forma direta os mecanismos de persistência da planta. Entretanto, para plantas formadoras de touceira e de porte alto, a existência destes mecanismos homeostáticos é desconhecida. O objetivo deste trabalho foi determinar a existência de uma variação nas alturas de manejo pré-pastejo onde o acúmulo de forragem não altera em uma planta formadora de touceira, utilizando como planta modelo o capim elefante BRS. Kurumi (*Cenchrus purpureus* Schumach). Assim, foi conduzido um protocolo experimental em pastos de capim-elefante cv. BRS Kurumi manejados com três alturas do dossel em pré-pastejo (50, 65 e 80 cm) e mesma proporção de desfolhação de 50% das alturas iniciais (gerando alturas em pós-pastejo de 25, 32 e 40 cm, respectivamente), ao longo de dois anos (2021-2023). O delineamento experimental consistiu em blocos completos casualizados, com três repetições, totalizando nove unidades experimentais (piquetes de 145 m<sup>2</sup>). Avaliações da massa de forragem foram realizadas conforme os pastos atingiam a altura meta de manejo por meio da amostragem em quadros metálicos de 1m<sup>2</sup> de área permitindo estimar os componentes botânicos do pasto e o IAF. A cada 21 dias foram identificados e contabilizados os perfilhos surgidos e sobreviventes em duas touceiras em cada unidade experimental. Os dados foram agrupados em épocas do ano e submetidos a análise de variância, com médias estimadas pelo LSMEANS do INFOSTAT e testadas pelo teste de LSD Fischer a 5% de significância. Foram verificados ajustes na população/fluxo de tecidos e tamanho de perfilhos nas menores alturas de manejo, entretanto, a manutenção da produção de forragem somente foi possível em alturas do dossel iguais ou superiores a 65 cm. Nos pastos manejados a 50 cm a ação do mecanismo homeostático não conseguiu compensar a produção de forragem possivelmente pela limitada flexibilidade fenotípica da espécie que compromete a persistência do pasto a longo prazo.

**Palavras-chave:** Manejo do dossel, homeostase, perfilho, gramíneas formadoras de touceiras.

### ABSTRACT

Moncada, Valentina Ylluyanka. IS THERE FLEXIBILITY IN PRE-GRAZING HEIGHT TARGETS IN BRS KURUMI ELEPHANT GRASS? 2024. 113p. Thesis (Doctorate in Animal Science – Area: Animal Production). Santa Catarina State University. Graduate Program in Animal Science. Lages, 2024.

The use of the Leaf Area Index (LAI) as a management criterion for pastures under intermittent grazing is well established to ensure high net forage accumulation when regrowth is interrupted at a canopy height corresponding to 95% light interception (LI). Despite this, studies demonstrate the ability of low-growing forage plants to make adjustments that maintain forage production at heights lower than the critical LAI threshold. These adjustments vary according to the limits of the species' phenotypic plasticity and affect tiller size and population/tissue flow, directly impacting the plant's persistence mechanisms. However, for tall, tuft-forming plants, the existence of such homeostatic mechanisms is unknown. The objective of this study was to determine the existence of variation in pre-grazing management heights where forage accumulation does not change in a tuft-forming plant, using the elephant grass BRS Kurumi (*Cenchrus purpureus* Schumach) as a model plant. Thus, an experimental protocol was conducted in elephant grass pastures (cv. BRS Kurumi) managed with three pre-grazing canopy heights (50, 65, and 80 cm) and the same defoliation proportion of 50% of the initial heights (resulting in post-grazing heights of 25, 32, and 40 cm, respectively) over two years (2021-2023). The experimental design consisted of a randomized complete block design, with three replications, totaling nine experimental units (145 m<sup>2</sup> paddocks). Forage mass evaluations were carried out as pastures reached the target management height through sampling in 1 m<sup>2</sup> metal frames, allowing the estimation of pasture botanical components and LAI. Every 21 days, newly emerged and surviving tillers were identified and counted in two tussocks per experimental unit. The data were grouped by season and subjected to variance analysis, with means estimated by LSMEANS of INFOSTAT and tested by Fisher's LSD test at 5% significance. Adjustments in tiller population/tissue flow and size were observed at the lower management heights; however, maintaining forage production was only possible at canopy heights of 65 cm or higher. In pastures managed at 50 cm, the homeostatic mechanism's action failed to compensate for forage production, possibly due to the species' limited phenotypic flexibility, which compromises pasture persistence in the long term.

**Keywords:** Canopy management, homeostasis, tillers, tuft-forming grasses.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.....	34
Figura 2	Balanço hídrico dos anos 2021-2022 (a) e 2022-2023 (b).....	35
Figura 3	Metas de manejo em pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos experimentais.....	37
Figura 4	Acúmulo de forragem por estação do ano (kg MS. ha <sup>-1</sup> ) em pastos de capim-elefante manejados sob três alturas no pré-pastejo ao longo de todo o período experimental.....	44
Figura 5	Taxa de acúmulo de forragem (kg MS.ha <sup>-1</sup> ) em relação ao tempo (dias, a) e o tempo térmico (graus.dia <sup>-1</sup> , b) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos experimento.....	45
Figura 6	Densidade volumétrica (kg MS.cm <sup>-1</sup> do estrato superior ao longo das estações de pastos de capim-elefante manejados com diferentes alturas do dossel no pré-pastejo (50 cm (a), 65 cm (b) e 80 cm (c)) ao longo de dois anos.....	46
Figura 7	Relação folha:colmo em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos experimentais.....	48
Figura 8	Densidade populacional de perfilhos (perfilhos.m <sup>2</sup> ) ao longo de dois anos em pastos de capim-elefante submetidos alturas de manejo do dossel no pré-pastejo.....	49
Figura 9	Índice de área foliar na condição de pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	52
Figura 10	Taxa de alongamento (cm.graus.dia <sup>-1</sup> , a) e senescência foliar (cm.graus.dia <sup>-1</sup> , b) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	55
Figura 11	Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.....	69

Figura 12	Balanço hídrico dos anos 2021-2022 (a) e 2022-2023 (b).....	70
Figura 13	Metas de manejo em pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos experimentais.....	72
Figura 14	Diagrama populacional de perfilhos em pastos de capim-elefante manejados a 50 cm (a, b), 65 cm (c, d) e 80 cm (e, f) em pré-pastejo no primeiro e segundo ano de avaliação.....	78
Figura 15	Densidade populacional de perfilhos aéreos (perfilhos.m <sup>2</sup> ) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	80
Figura 16	Taxa de aparecimento de perfilhos aéreos em pastos de capim-elefante sob diferentes alturas do dossel em pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	83
Figura 17	Tamanho da copa e base de touceira (cm) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	89

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.....	36
Tabela 2	Valor médio do número de pastejo e intervalo entre desfolhas em pastos de capim-elefante BRS Kurumi em diferentes alturas do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos.....	43
Tabela 3	Acúmulo de forragem (kg MS.ha <sup>-1</sup> .ano) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo.....	43
Tabela 4	Massa de forragem total (kg MS.ha <sup>-1</sup> ) em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período estival ao longo de dois anos experimentais.....	47
Tabela 5	Massa de forragem total (kg.ha <sup>-1</sup> de matéria seca) em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante a época quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.....	47
Tabela 6	Peso médio do perfilho (PMP, g.perfilho <sup>-1</sup> ) em pastos em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.....	51
Tabela 7	Meia-vida foliar (graus.dia <sup>-1</sup> ) em pastos em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.....	52
Tabela 8	Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.....	71
Tabela 9	Taxa de aparecimento de perfilhos (perfilhos.perfilhos.21 dias de intervalo <sup>-1</sup> ) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	79

Tabela 10	Taxa de mortalidade de perfilho (perfilhos.perfilhos.21 dias de intervalo <sup>-1</sup> ) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	82
Tabela 11	Taxa de mortalidade de perfilhos basais (perfilhos.grasu.dia <sup>1</sup> ) em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos de avaliação manejados sob diferentes alturas do dossel em pré-pastejo.....	82
Tabela 12	Densidade (touceuras.m <sup>2</sup> ) e distância (m) entre touceiras em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante a primavera e verão ao longo de dois anos experimentais.....	85
Tabela 13	Taxa de mortalidade de perfilho basal (perfilhos.graus.dia <sup>-1</sup> ) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	86
Tabela 14	Taxa de mortalidade de perfilho aéreo (perfilhos.graus.dia <sup>-1</sup> ) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.....	86

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
2.1	Planta forrageira. Ecofisiologia da produção de forragem.....	19
2.2	O perfilho. Dinâmica populacional e acúmulo de forragem.....	21
2.3	Morfogêneses e estrutura do dossel forrageiro.....	23
2.4	O capim-elefante.....	26
<b>3.</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	28
3.1	GERAL.....	28
3.2	ESPECÍFICA.....	28
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	29
4.1	GERAL.....	29
4.2	ESPECÍFICOS.....	29
<b>5.</b>	<b>MANEJO DO PASTEJO EM PASTOS DE CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE. ACÚMULO DE FORRAGEM E FLEXIBILIDADE NO MANEJO DAS ALTURAS NO PRÉ-PASTEJO</b> .....	30
5.1	RESUMO.....	30
5.2	ABSTRACT.....	31
5.3	INTRODUÇÃO.....	31
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
<b>5.4.1</b>	<b>Local e condições do experimento</b> .....	33
<b>5.4.2</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	36
<b>5.4.3</b>	<b>Variáveis analisadas</b> .....	38
<b>5.4.3.1</b>	<b>Massa e acúmulo de forragem</b> .....	38
<b>5.4.3.2</b>	<b>Características estruturais e morfológicas do pasto</b> .....	38
<b>5.4.4</b>	<b>Análise estatística</b> .....	41
5.5	RESULTADOS.....	42
<b>5.5.1</b>	<b>Massa e acúmulo de forragem</b> .....	43
<b>5.5.2</b>	<b>Características estruturais e morfológicas do pasto</b> .....	47
5.6	DISCUSSÃO.....	56
5.7	CONCLUSÕES.....	64

<b>6.</b>	<b>MANEJO DO PASTEJO EM PASTOS DE CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE. DINÂMICA DO PERFILHAMENTO E ESTABILIDADE POPULACIONAL.....</b>	<b>65</b>
6.1	RESUMO.....	65
6.2	ABSTRACT.....	65
6.3	INTRODUÇÃO.....	66
6.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
6.4.1	Local e condições do experimento.....	69
6.4.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	71
6.4.3	Variáveis analisadas.....	71
6.4.3.1	Demografia do perfilhamento.....	71
6.4.3.2	Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos.....	73
6.4.3.3	Média-vida dos perfilhos.....	74
6.4.3.4	Peso médio do perfilhos.....	74
6.4.3.5	Dinâmica de touceiras.....	75
6.4.4	Análise estatística.....	76
6.5	RESULTADOS.....	77
6.6	DISCUSSÃO.....	90
6.7	CONCLUSÃO.....	92
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>
	<b>Tabela auxiliar.....</b>	<b>110</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As pastagens são ecossistemas de grande importância para a humanidade, sustentando atividades milenares como a criação de animais domésticos cuja base alimentar são as plantas forrageiras. Essas plantas se destacam por possuírem mecanismos que permitem a rebrota após sucessivos eventos de desfolha, recompondo a biomassa perdida por meio da expansão foliar nos meristemas remanescentes e da emissão de novos perfilhos (CRUZ et al., 2021; XING et al., 2019). A capacidade das plantas forrageiras de rebrotar após a desfolha às torna essenciais para a criação de animais domésticos, fornecendo uma fonte primária de alimento que sustenta a produção de carne, leite e outros produtos de origem animal.

A pecuária baseada em pastagens pode ser visualizada em três fases: crescimento da planta forrageira, consumo da biomassa vegetal produzida e transformação da mesma em produtos de origem animal (HODGSON, 1990). O fluxo energético deste processo abarca a radiação fotossinteticamente ativa (RFA, 400 a 700 nm) capturada pelo dossel forrageiro (GOSSE, 1994), que por sua vez, é transformada em energia química armazenada na biomassa vegetal por meio da fotossíntese para posterior consumo dos animais. Nas plantas forrageiras, a conversão da RFA em matéria seca varia em relação ao grupo fotossintético, na ordem de 5-6% para as espécies C<sub>4</sub> e de 3 - 4% para as espécies C<sub>3</sub> (MACHADO, 1985), equivalente a 4-5 g.MJ<sup>-1</sup> e 3 g.MJ<sup>-1</sup> respectivamente (LAWLOR, 1995), entretanto, a produção animal envolve etapas adicionais de conversão de energia para transformar a biomassa vegetal em tecido animal. Este processo é inerentemente menos eficiente devido às perdas de energia em cada etapa de conversão, sendo necessário a ingestão de 3-6 MJ<sup>-1</sup> de energia metabólica para a produção de 1 litro de leite (GILL et al., 2010) e 25-50 MJ<sup>-1</sup> de energia metabólica para a produção de 1 quilograma de carne (PIMENTEL e PIMENTEL, 2003). Assim, o equilíbrio desse ciclo produtivo depende de estratégias de manejo que garantam o fornecimento de alimento de qualidade aos animais e a sobrevivência da planta forrageira ao pastejo (Da SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2007; PIMENTEL et al., 2016).

A habilidade das plantas forrageiras para resistir ao pastejo tem sido estudada desde os anos 1980, por meio de pesquisas com foco nas adaptações

morfológicas e fisiológicas das plantas sob estresse de desfolha (BIRCHAM e HODGSON, 1983). Estudos subsequentes aprofundaram a compreensão de ajustes na partição da biomassa e na dinâmica de crescimento das plantas forrageiras para resistir ao pastejo (MATTHEW et al., 1995). Essas respostas são moduladas pela disponibilidade de nutrientes, luz, temperatura e água (BRAZ et al., 2017; CHAPMAN e LEMAIRE, 1996b; SBRISSIA et al., 2007). Além disso, a plasticidade fenotípica permite que as plantas alterem a densidade populacional, fluxo de tecidos e tamanho do perfilho (BIRCHAM e HODGSON, 1983; MATTHEW et al., 1995) para otimizar a recuperação após a desfolha, visando o reestabelecimento da área foliar pastejada e da capacidade fotossintética (SBRISSIA et al., 2007).

Uma pastagem após o evento de desfolha precisa recuperar a biomassa perdida. A capacidade de regenerar seu aparelho fotossintético é possível pelo processo de expansão dos tecidos remanescentes e a geração de novos tecidos, conhecido como morfogênese (CAVERNALLI, 2003; SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2007; CHAPMAN e LEMAIRE, 1996). O início deste processo logo após o evento de pastejo é crucial para a sobrevivência e produtividade do pasto (SBRISSIA et al., 2007). A morfogênese em plantas forrageiras é fortemente influenciada pela disponibilidade e qualidade da luz solar (CHAPMAN e LEMAIRE, 1996). Em pastos manejados no sistema de lotação intermitente a altura do dossel forrageiro aumenta durante o processo de rebrota, intensificando a competição por luz e, conforme a altura do dossel aumenta, as folhas do estrato superior captam a maior parte da radiação solar, disponibilizando menos luz para as folhas situadas no estrato inferior do dossel (SBRISSIA et al., 2007). Entretanto, a comunidade de plantas que compõem a pastagem competem não apenas pela quantidade de luz, mas também pela qualidade da luz disponível. Sbrissia et al. (2007) considera que a luz filtrada através do dossel forrageiro denso pode alterar a composição espectral, com menos disponibilidade de luz azul e vermelha, que são essenciais para a fotossíntese eficiente. O resultado da variação da disponibilidade de luz solar ao longo do processo de rebrota é a alteração da estrutura inicial do dossel logo após o evento de desfolha, com diminuição na densidade populacional de perfilhos e aumento no comprimento foliar (CRUZ et al., 2021; HODGSON, 1990;



LEMAIRE e AGNUSDEI, 2000; NASCIMENTO JUNIOR e AGNESE, 2004; SBRISSIA e Da SILVA, 2008; SBRISSIA et al., 2007; SKINNER e NELSON, 1992).

A alteração na estrutura do dossel forrageiro conforme avança o processo de rebrota nos pastos manejados no sistema de lotação intermitente deve-se à habilidade que as plantas forrageiras possuem em ajustar as taxas de aparecimento e mortalidade dos perfilhos. Isso ocorre por meio de modificações na densidade e no tamanho dos perfilhos, como resultado da competição intraespecífica por luz (CASAL et al., 1987; LANGER, 1963; PACIULLO et al., 2011; YUAN et al., 2020). Com o aumento da altura do dossel e, conseqüentemente, da área foliar, observa-se de forma concomitante um aumento na interceptação luminosa e da biomassa acumulada (MARTINS et al., 2021), até atingir um ponto onde o sombreamento das folhas no estrato inferior passam a ser sombreadas, diminuindo a capacidade fotossintética e promovendo a mortalidade antecipada. Como resposta à competição por luz, ocorre o aumento significativo na taxa de alongamento de colmo e senescência de tecidos, afetando o valor nutritivo do pasto e acúmulo líquido de forragem. Nestas condições, a produção de forragem se vê limitada, afetando a capacidade de suporte das pastagens (SBRISSIA et al., 2007).

A composição estrutural do pasto, incluindo a proporção de folhas, colmos e material senescente define a qualidade nutricional da forragem fornecida aos animais (MANNETJE, 2000). Embora o efeito negativo de uma maior proporção de colmo no pasto seja bem conhecido no âmbito da produção animal (), muitas vezes o impacto do material senescente é subestimado (MOORE e JUNG, 2001). A maior proporção de fibra indigestível e menor conteúdo proteico presente no material senescente comparado ao material jovem e verde o torna menos nutritivo, afetando negativamente a digestibilidade e valor energético do pasto (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996). O manejo inadequado do pasto, que leve a uma estrutura do dossel com altas taxas de colmo e material senescente, podem comprometer a produtividade animal, devido à necessidade de incorporar a suplementação alimentar para compensar a baixa qualidade do pasto associado ao aumento dos custos de produção (WILSON e MINSON, 1980).

Tomando em consideração as mudanças que ocorrem na estrutura do pasto ao longo do processo de rebrota, quando manejado no sistema de lotação intermitente, estudos com plantas forrageiras definiram a existência de uma altura limite em que a interceptação luminosa do dossel maximiza o acúmulo líquido de forragem, sem perdas na quantidade e qualidade, relacionadas ao alongamento de colmo e senescência de tecidos. Essa altura corresponde a aquela na qual 95% da RFA é interceptada pelo dossel forrageiro, também denominado de  $IAF_{crítico}$  (RHODES, 1971). Apesar da ampla aceitação na utilização do  $IAF_{crítico}$  como estratégia de manejo das pastagens, sua aplicação enfrenta desafios devido à complexidade e variação das condições de campo (PARSONS et al., 1988b), tais como luz, temperatura e disponibilidade de água, que afetam o crescimento das plantas (LEMAIRE et al., 2009). Outra consequência do uso deste critério de manejo foi o estabelecimento de metas rígidas de altura de corte e pastejo para cada espécie forrageira (CARNEVALLI et al., 2006; COSTA et al., 2004; SILVA et al., 2011). No entanto, estudos mais recentes indicam que a flexibilidade nessas metas pode resultar no aumento da produtividade e a qualidade da forragem por meio de ajustes na altura pastejo com base nas condições específicas de cada área (LEMAIRE et al., 2009).

Este novo enfoque de manejo das pastagens tem origem nos trabalhos desenvolvidos por Bircham e Hodgson (1983) em pastos manejados sob lotação contínua, onde os autores demonstraram a existência de uma amplitude de IAF onde não houve variação na produção de forragem. Posteriormente, a utilização de modelos matemáticos (PARSONS et al., 1988) e estudos de campo com pastos manejados no sistema de lotação contínua e intermitente validaram a possibilidade de obter acúmulos de forragem similares em gramíneas de porte baixo e com hábito de crescimento estolonífero e cespitoso em condições de altura inferiores àsquelas obtidas no momento de  $IAF_{crítico}$  (BIRCHAM e HODGSON, 1983; Da SILVA et al., 2013; GOMES, 2019; SBRISSIA et al., 2018; MOCELIN et al., 2022). A implementação desta nova estratégia de manejo ainda enfrenta resistência devido à necessidade de conhecimento técnico e monitoramento contínuo (BRISKE et al., 2008), sendo necessário respeitar os limites fisiológicos da planta forrageira para não comprometer a persistência ao longo do tempo.

As gramíneas de porte alto e formadoras de touceira são componentes essenciais em muitos ecossistemas de pastagens, tendo evoluído em ambientes onde a competição por luz e recursos é intensa, resultando em adaptações que priorizam a estrutura robusta e a eficiência na utilização de recursos (SACKVILLE HAMILTON et al., 1992). A necessidade de desenvolver um sistema radicular profundo e agrupado que sustente a porção aérea da planta trouxe como consequência a menor capacidade de resposta ante mudanças ambientais rápidas em comparação com gramíneas de porte menor e crescimento mais disperso (GARNIER et al., 1997; GRIME 2001). Isso pode resultar em menor resiliência e produtividade sob condições de estresse (CHAPMAN et al., 1994; LEMAIRE et al., 2009). A compreensão destes fatores é essencial para o manejo eficaz dessas plantas em sistemas de pastagens, principalmente quando o objetivo é a verificação da existência da flexibilidade de manejo das metas de altura inferiores ao IAF<sub>crítico</sub> e seu efeito no acúmulo de forragem.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Planta forrageira. Ecofisiologia da produção de forragem

As pastagens são ecossistemas complexos, predominantemente compostos por plantas herbáceas adaptadas a eventos contínuos de desfolha por herbívoros. Entre os mecanismos desenvolvidos para assegurar a sobrevivência das plantas, destacam-se a localização das estruturas de perenização no estrato de menor acesso aos animais e alta taxa de recuperação ou renovação da biomassa aérea após cada pastejo (LANGER, 1972; Da SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2006). A compreensão da interação entre o componente vegetal, animal e ambiente no ecossistema pastoril formou a base de uma das atividades humanas de maior importância histórica: a pecuária.

Após a desfolhação, plantas forrageiras priorizam a formação de nova área foliar a partir de meristemas remanescentes, utilizando as reservas orgânicas, principalmente fotoassimilados armazenados nas raízes e na base do colmo (PIMENTEL et al., 2016; XING et al., 2019). A velocidade de recuperação do dossel dependerá das taxas de alongamento das folhas remanescentes, do

aparecimento de novas folhas e perfilhos que formarão a biomassa para o próximo evento de pastejo (SOUZA et al., 2020). Caso não aconteça um novo evento de desfolha ou o tempo de rebrota se prolongar, inicia-se a ciclagem de fotoassimilados pela senescência das folhas maduras localizadas no estrato inferior do dossel (SBRISSIA et al., 2007; BEZERRA et al., 2020). Assim, a produção de forragem resulta do balanço entre os processos de crescimento, senescência e morte de tecidos a nível de perfilhos individuais (BRISKE, 1991), sendo necessário considerar a população total de perfilhos que compõe a comunidade de plantas para determinar a produção do pasto (Da SILVA e PEDREIRA., 1997; CRUZ et al., 2021).

Do ponto de vista produtivo, a qualidade da forrageira ofertada tem impacto direto sobre o desempenho animal, sendo preferível pastos com estrutura do dossel com maiores proporções de lâminas foliares e menores de colmo (BENVENUTTI et al., 2008; DRESCHER et al., 2006). Para garantir essa condição no dossel forrageiro, a interrupção do processo de rebrota deve ocorrer quando 95% da luz incidente é interceptada, ponto esse definido como Índice de Área Foliar crítico (IAF<sub>crítico</sub>, BROUGHAM 1956, 1957; PARSONS et al., 1988). Nesta condição do dossel, há o máximo balanço entre crescimento e senescência de tecidos, resultando no maior acúmulo líquido de forragem, devido à redução da senescência pelo sombreamento das folhas no estrato inferior e a limitação do alongamento do colmo relacionado à competição por luz (CAVERNALLI et al., 2006; COSTA et al., 2004; SILVA et al., 2011). Assim, o uso do conceito de IAF no manejo das pastagens e sua relação com a interceptação luminosa do dossel é considerado uma ferramenta útil para entender a dinâmica da produção forrageira (BROWN e BLASER, 1968; PARSONS et al., 1988) e as estratégias de manejo do pasto em função da altura do dossel (GONTIJO NETO et al., 2006).

No entanto, estudos realizados com gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> demonstram a possibilidade de obter um acúmulo líquido de forragem similar ao se trabalhar com condições contrastantes de dossel (IAF, altura ou massa de forragem) (BIRCHAM e HODGSON, 1983; Da SILVA et al., 2013; SBRISSIA et al., 2018; GOMES, 2019; MOCELIN et al., 2022). Essa concepção se baseia na capacidade adaptativa das plantas de alterar a densidade populacional, tamanho

dos perfilhos e os fluxos de tecidos para manter certa homeostase na produção forrageira (MATTHEW et al., 1995; BIRCHAM e HODGSON, 1983). Esse mecanismo evolutivo permite o manejo flexível das alturas do dossel forrageiro, resultando em um acúmulo líquido semelhante em alturas do dossel inferiores àquelas correspondentes ao  $IAF_{crítico}$  (SBRISSIA et al., 2018), ou ainda com ajustes no próprio  $IAF_{crítico}$  por meio de um eficiente ajuste na relação tamanho/densidade populacional de perfilhos (GOMES, 2019). Nesse sentido, identificar os processos morfogênicos e alterações estruturais no dossel, onde a existência da flexibilidade no acúmulo de forragem pode ser verificada, tem um papel crucial no entendimento do fluxo da biomassa no ecossistema forrageiro e nos limites fisiológicos de cada espécie para o manejo sustentável das pastagens.

## 2.2 Perfilho. Dinâmica populacional e acúmulo de forragem

As pastagens são formadas por uma comunidade de perfilhos que interagem entre si e competem por fatores de crescimento (GOMIDE et al., 2006). Esses perfilhos são a unidade vegetativa básica das gramíneas (HODGSON, 1990), sendo o resultado de uma sucessiva diferenciação de fitômeros compostos por apenas um meristema apical (BRISKE, 1991; VALENTINE e MATTHEW, 1999). Os fitômeros são formados por um nó, entrenó, gema axilar e folha (GOMIDE e GOMIDE, 2000). Assim, o desenvolvimento do perfilho é o resultado do surgimento sequencial de fitômeros, os quais possuem em cada folha uma gema axilar que pode potencialmente dar origem a um novo perfilho (JEWISS, 1972).

A dinâmica das gemas e seu potencial para o recrutamento de novos perfilhos garantem a estabilidade da população de plantas por meio da substituição daqueles que vão morrendo (JEWISS, 1972; VALENTINE e MATTHEW, 1999; JONES e TRACY, 2017). A proporção de gemas axilares que efetivamente se transformam em novos perfilhos, conhecida como "*site filling*" (posteriormente chamada de "*site usage*"), é regulada pela resposta fotomorfogenética das plantas forrageiras à qualidade da luz incidente no dossel (DAVIES, 1974). À medida que a altura do dossel aumenta e, conseqüentemente, a área foliar, observam-se alterações na qualidade da luz

que penetra no dossel forrageiro, limitando a disponibilidade de radiação solar com comprimento de onda na faixa do vermelho que atinge o estrato inferior (LEMAIRE e AGNUSDEI, 2000; SKINNER e NELSON, 1992). Isso desencadeia a competição intraespecífica por luz no estrato inferior do dossel forrageiro, não ativando gemas que poderiam dar origem a novos perfilhos (YUAN et al., 2020) e reduzindo a taxa de aparecimento e densidade populacional de perfilhos (CASAL et al., 1987; LANGER, 1963; PACIULLO et al., 2011).

Esse mecanismo, conhecido como compensação tamanho/densidade de perfilhos (MATTHEW et al., 1995), atua de forma que pastos manejados em alturas menores apresentam alta densidade de perfilhos pequenos, enquanto pastos manejados com maiores alturas possuem menor densidade de perfilhos maiores, resultando no balanço entre peso e quantidade de perfilhos (GRANT et al., 1983; LAMBERT et al., 1986; DAVIES, 1988; SBRISSIA e Da SILVA, 2008, SBRISSIA et al., 2018). Assim, os padrões do perfilhamento (aparecimento, sobrevivência e mortalidade), juntamente com a contribuição individual de cada perfilho (fluxo de tecidos), determinam a produtividade do pasto (NABINGER e PONTES, 2001; PIMENTEL et al., 2016).

Sbrissia et al. (2018) avaliaram os efeitos de quatro alturas em pré-pastejo (10, 15, 20 e 25 cm) na produção de forragem de pastos de capim-quicuío (*Cenchrus clandestinum*). Os autores demonstraram a existência de uma faixa de alturas de manejo do dossel que variava entre 15 e 25 cm, onde não houve alteração no acúmulo líquido de forragem. Essa resposta deve-se à habilidade da planta em realizar ajustes na densidade populacional e no tamanho dos perfilhos, resultando numa estrutura de dossel que apresenta IAF variando entre 2,6 e 3,6 para as alturas limites de manejo, afetando diretamente o fluxo de tecido nessas condições contrastantes de dossel. Pastos com menor IAF apresentam menores taxas de crescimento quando comparados àqueles com maior IAF. Contudo, as menores taxas de senescência de tecidos observadas nos menores IAF associadas às maiores densidades populacionais de perfilhos acabaram gerando taxas similares de acúmulo líquido de forragem.

Calvano et al. (2011) também verificaram o efeito da compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu manejados com 15, 30 e 45 cm de altura no pré-pastejo, obtendo

similar acúmulo de forragem com diferentes IAFs. Gomes (2019), utilizando a mesma espécie, observou taxas similares de acúmulo de forragem ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$  de matéria seca) entre 16 – 25 cm no pré-pastejo, e atribuiu à manutenção de níveis de IL e IAF semelhantes em todas as alturas. Mocelin et al. (2022) relataram taxas de acúmulo de forragem semelhantes em pastos de capim-tangola (*Brachiaria arrecta* x *Brachiaria mutica*) manejados em alturas de 20, 30 e 40 cm no pré-pastejo, devido ao equilíbrio entre taxas de crescimento e senescência foliar, além de maiores taxas de alongamento de colmo nas maiores alturas de manejo. Nessa perspectiva, a manutenção da produção de forragem nas gramíneas não é resultado de um único mecanismo homeostático, mas sim das respostas morfológicas e fisiológicas adaptativas que variam entre espécies e estratégias de manejo do dossel.

### 2.3 Morfogênese e estrutura do dossel forrageiro

O processo de morfogênese em plantas forrageiras permite entender a dinâmica de crescimento de tecidos dos perfilhos individuais que compõem a comunidade de plantas no espaço-tempo, sendo influenciado por fatores ambientais e de manejo (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993; Da SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2007). O produto da morfogênese é a recuperação do aparato fotossintético da planta por meio do crescimento vegetativo e, conseqüentemente, a produção de forragem (LEMAIRE e AGNUSDEI, 2000).

A morfogênese das gramíneas pode ser descrita por meio de três variáveis: taxa de aparecimento de folhas (TAp), taxa de alongamento de folhas (TAI) e tempo de vida da folha ou meia-vida foliar (MVF) (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). Autores como Sbrissia et al. (2007) e Pereira et al. (2013) consideram que no caso das gramíneas tropicais, a taxa de alongamento de colmo (TAIC) é uma variável importante a se considerar devido a importância de uma estrutura de sustentação robusta da biomassa aérea.

Após o evento de desfolha, inicia-se a restauração do tecido foliar por meio da expansão do material remanescente ou pelo recrutamento de novos perfilhos. Lemaire et al. (2009) consideram que a taxa de aparecimento de folhas é diretamente influenciada pela temperatura e disponibilidade de luz, podendo

ser acelerada pela disponibilidade dos fatores de crescimento, resultando em uma maior área foliar por unidade de tempo (CRUZ e GOMIDE, 2016). O alongamento de tecido de sustentação nas plantas forrageiras (colmo) responde a intensidade e frequência de pastejo e um aumento significativo na taxa de alongamento pode acarretar no acamamento e perda de qualidade forrageira (HODGSON, 1990).

Dentro desta dinâmica de renovação do tecido folhar no período de descanso da pastagem é possível determinar o tempo necessário para que a metade das folhas de uma determinada população morra ou passe por senescência. Em termos fisiológicos, esta variável está relacionada ao processo de envelhecimento das folhas, culminando na perda de função fotossintética e, eventualmente, na morte da folha; influenciando diretamente a qualidade e a quantidade de forragem disponível para os animais. A temperatura age como um dos principais moduladores no tempo de vida da folha. Ambientes com temperaturas mais elevadas apresentam taxa de senescência mais rápida, reduzindo a meia-vida das folhas (GASTAL e LEMAIRE, 2015). A genética também influencia a duração de vida da folha; Cruz e Gomide (2016) relataram maior longevidade em espécies que apresentam maior taxa de crescimento e à persistência das folhas (gênero *Cynodon*) e menor longevidade em espécies com rápida taxa de crescimento e renovação de folhas (gênero *Panicum*). Assim, dentro da comunidade de plantas que conformam a pastagem ocorrem, a nível de perfilho individual, processos de crescimento, surgimento e senescência de tecidos e a dinâmica entre eles é denominada fluxo de tecidos da biomassa (GRANT et al., 1988; GOMIDE e GOMIDE, 1999).

As características morfogênicas modulam a estrutura do dossel forrageiro, podendo ser descrito pelas seguintes variáveis: comprimento foliar (CF), número de folhas vivas por perfilho (NFVP), relação folha:colmo (F:C) e densidade populacional de perfilho (DPP). A combinação das variáveis morfogênicas e estruturais do dossel determinam a capacidade de interceptar radiação solar, podendo ser avaliado por meio do índice de área foliar (GASTAL e LEMAIRE, 2015). Na ausência de limitantes hídricos ou nutricionais, os fatores climáticos que exercem maior controle sobre o dossel nas gramíneas são temperatura e luz (BRATZ et al., 2017), tendo efeito direto sobre o fluxo de biomassa e dinâmica



do acúmulo de forragem (ANDRADE et al., 2016; GOMIDE et al., 1997, SOUZA et al., 2019).

Gramíneas tropicais respondem às mudanças sazonais alterando suas características morfogênicas. Paciullo et al. (2003) relataram em pastos de capim-elefante durante o verão altas taxas de aparecimento de folha, contudo, durante o inverno ocorreu a diminuição no aparecimento de folhas e incremento do filocrono. Essa resposta demonstra a habilidade da planta em ajustar as variáveis morfogênicas à disponibilidade dos fatores de crescimento. Posteriormente, Fernandes et al. (2016) estudando a mesma espécie observaram respostas adaptativas sobre o tipo de perfilhos conforme a estação do ano, sendo que durante a primavera e verão, houve predominância de perfilhos basais nos primeiros pastejos, seguida de um aumento exponencial da população de perfilhos aéreos. Durante todo o período experimental, o pasto apresentou altas taxas de aparecimento e alongamento de folhas, promovendo rápida restauração da área foliar após a desfolha e potencial para produzir abundante matéria seca. No caso dos cultivares anão, o aumento na taxa de alongamento de colmo foi relacionado a pastos manejados com alturas do dossel onde a interceptação luminosa foi próxima de 100% (GOMIDE et al., 2011).

Nesse sentido, existem robustas evidências para afirmar que o manejo da desfolha promove mudanças na estrutura do dossel. A capacidade de adaptação a essas mudanças ocorre por meio de ajustes nas características morfológicas e fisiológicas da planta, visando à manutenção da homeostase. Em geral, nos pastos formados por gramíneas, desfolhas mais frequentes e severas tendem a manter o dossel em uma altura menor com uma alta densidade populacional de perfilhos pequenos, já em pastos manejados sob desfolhas lenientes tendem a uma maior altura com perfilhos de maior tamanho, porém menos numerosos. Entretanto, existem limites na capacidade da planta sobre esse mecanismo de compensação, sendo moduladas pela interação genótipo-ambiente. Por exemplo, gramíneas adaptadas a climas úmidos podem não exibir a plasticidade necessária para prosperar em condições de seca severa (BRADSHAW, 1965), uma vez que a planta não tem tempo suficiente para ajustar suas características fenotípicas de maneira adequada (VIA et al., 1995).

Os limites da plasticidade fenotípica têm importantes implicações para a gestão de pastagens e a adaptação das gramíneas ao manejo, já que a expressão desta resposta adaptativa pode envolver custos energéticos significativos que comprometam o desenvolvimento de outras funções essenciais (DEWITT et al., 1998).

#### 2.4 O capim-elefante

O capim-elefante (*Cenchrus purpureum* Schumach) é uma planta tropical de grande importância no setor agropecuário devido à sua alta produtividade e versatilidade em regiões tropicais, subtropicais e até semiáridas (PEREIRA et al., 2021). De origem africana que envolve mais de 140 variedades (BRUNKEN, 1977), sendo considerada uma das espécies forrageiras com maior potencial produtivo do mundo (PEREIRA e LEDO, 2008; FREITAS et al., 2017). Exigente em fertilidade do solo, essa espécie apresenta mediana tolerância à seca, queimada e frio (EVANGELISTA e ROCHA, 1990), porém, é muito susceptível às geadas e seu crescimento se vê limitado em solos encharcados (BOGDAN, 1977; FARIA, 1993) e com pH inferior a 4.5 (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010). Por ser de metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, responde muito bem aos dias longos (CARVALHO et al., 1997), com temperatura entre 28-33°C (FERRARIS et al., 1993), mas em ambientes com temperatura abaixo dos 15°C ocorre a desaceleração do crescimento e temperaturas inferiores a 10°C ocorre a paralização (PEREIRA et al., 2021, *apud*, JACQUES, 1994).

A espécie apresenta crescimento vegetativo perene, com estratégia de ocupação do espaço por meio de touceiras semiabertas formada por 10 - 40 perfilhos (PEREIRA et al., 2021), que são geneticamente idênticos (BRISKE e BUTLER, 1989). O colmo é ereto e varia entre 15-25 cm de altura, podendo atingir até 0,8 m nos cultivares do tipo anão e até 6 m nos cultivares altos (PEREIRA et al., 2021). Devido à alta taxa de alongamento de colmos dos cultivares altos, a utilização de cultivares anões tem aumentado entre os produtores como estratégia para melhorar o valor nutritivo do pasto (CARVALHO et al., 2009) e utilizá-lo diretamente em sistemas de lotação intermitente (CHAVES et al., 2013; GOMIDE et al., 2015). Entre os cultivares do tipo anão, o BRS Kurumi destaca-se como um dos mais promissores.

Produto do cruzamento entre a cultivar Merkeron de Pinda (BAGCE 19) e a cultivar Roxo (BAGCE 57), pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante da Embrapa (BAGCE), o cultivar BRS Kurumi caracteriza-se por apresentar touceiras semiabertas, com folhas e colmos de internódios curtos, rápida expansão foliar e intenso perfilhamento (GOMIDE et al., 2015). Devido à menor taxa de alongamento do colmo em comparação às variedades de porte alto, a maior proporção de folhas neste cultivar favorece a apreensão e o consumo pelos animais, proporcionando um material de melhor valor nutritivo (MADEIRO, 2010; CHAVES et al., 2013).

A altura ideal de manejo no pré-pastejo varia entorno de 70-80 cm para garantir uma produção anual de matéria seca que pode variar entre 21 e 29 toneladas por hectare (GOMIDE et al., 2015; JOSHINS e LUDTKE, 2020). O florescimento do BRS Kurumi ocorre entre junho e julho, e ele se destaca pela concentração de até 70% da biomassa produzida durante a estação chuvosa (PEREIRA et al., 2021). Utilizado principalmente no sistema de lotação intermitente, devido à sua alta digestibilidade e teor de proteína bruta, que varia entre 16,4% e 20% (PACIULLO et al., 2015; PEREIRA et al., 2021). Além disso, a fibra em detergente neutro (FDN) e a digestibilidade in vitro da matéria seca são competitivas, com valores entorno de 70%, o que favorece o desempenho animal e a eficiência alimentar (PEREIRA et al., 2021).

### 3. HIPÓTESES

#### 3.1 GERAL

Em pastos de gramíneas de porte alto e formadores de touceiras, a flexibilidade para produção de forragem é menor do que normalmente observada em pastos de gramíneas estoloníferas ou cespitosas de porte baixo.

#### 3.2. ESPECÍFICAS

Alturas em pré-pastejo inferiores àquelas correspondentes ao  $IAF_{crítico}$  alteram o acúmulo de forragem de pastos de capim-elefante.

Alturas em pré-pastejo inferiores àquelas correspondentes ao  $IAF_{crítico}$  modificam a dinâmica populacional e o mecanismo de persistência de pastos de capim-elefante.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 GERAL

Definir metas de alturas de manejo em pré-pastejo para pastos de *Cenchrus purpureus* Schumach cv. BRS Kurumi sob lotação intermitente.

### 4.2 ESPECÍFICOS

Identificar alturas de manejo para pastos de *Cenchrus purpureus* Schumach cv. BRS Kurumi sob lotação intermitente onde o acúmulo de forragem seja elevado.

Identificar os mecanismos que modulam a rota de persistência em pastos de *Cenchrus purpureus* Schumach cv. BRS Kurumi sob lotação intermitente.

## 5. MANEJO DO PASTEJO EM PASTOS DE CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE. ACÚMULO DE FORRAGEM E FLEXIBILIDADE NO MANEJO DAS ALTURAS NO PRÉ-PASTEJO

### 5.1 RESUMO

O uso do  $IAF_{\text{crítico}}$  como critério de manejo da altura do dossel forrageiro no sistema de lotação intermitente é considerado uma das mais importantes e bem estabelecidas estratégias de manejo do pastejo para maximizar o acúmulo líquido de forragem. No entanto, diversos autores observaram acúmulos de forragem semelhantes em alturas do dossel que variam em torno de 50 a 65% da altura correspondente ao  $IAF_{\text{crítico}}$ . A amplitude dessa flexibilidade no acúmulo de forragem reflete os limites da plasticidade fenotípica de cada espécie e sua capacidade de ajustar a densidade populacional de perfilhos, o fluxo de tecidos e o tamanho dos perfilhos às condições ambientais e de manejo. Hipotetizamos que, em pastos formados por gramíneas de porte alto e formadoras de touceira, manejados com severidade de desfolha moderada, a flexibilidade de manejo das metas de altura é menor do que a observada em pastos de gramíneas estoloníferas ou cespitosas de porte baixo. Para testar essa hipótese, pastos de capim-elefante cultivar BRS Kurumi foram manejados em três alturas do dossel no pré-pastejo (50, 65 e 80 cm) e similar severidade de desfolha (50%), resultando em alturas pós-pastejo de 25, 32 e 40 cm respectivamente, ao longo de dois anos. O delineamento experimental consistiu em blocos completos casualizados, com três repetições, totalizando nove unidades experimentais (piquetes de 145 m<sup>2</sup>). As avaliações foram realizadas conforme os pastos atingiam a altura de manejo estabelecida e os dados foram agrupados por estação do ano. Verificou-se que pastos manejados em alturas inferiores àquela correspondente ao  $IAF_{\text{crítico}}$  realizaram ajustes na população de perfilhos, fluxo de tecidos e tamanho dos perfilhos, o que permitiu a manutenção de produções de forragem similares entre alturas de 65 a 80 cm de altura. No entanto, nos pastos manejados a 50 cm, esses ajustes foram insuficientes, resultando em uma redução na produção de forragem ao longo de todo o período experimental, principalmente no segundo ano. Pastos de capim-elefante BRS Kurumi apresentam flexibilidade no manejo das metas de altura no pré-pastejo, embora essa flexibilidade seja menor em comparação com plantas de menor porte e maior plasticidade fenotípica.

**Palavras-chave:** Manejo do pastejo, fluxo de tecidos, plasticidade, touceiras.

## 5.2 ABSTRACT

The use of the critical LAI as a management criterion for forage canopy height in an intermittent grazing system is considered one of the most important and well-established grazing management strategies to maximize net forage accumulation. However, several authors have observed similar forage accumulation at canopy heights ranging from 50 to 65% of the height corresponding to the critical LAI. The range of this flexibility in forage accumulation reflects the limits of each species' phenotypic plasticity and its ability to adjust tiller population density, tissue flow, and tiller size to environmental and management conditions. We hypothesize that, in pastures formed by tall, tuft-forming grasses, managed with moderate defoliation severity, the flexibility in height management goals is lower than that observed in pastures of stoloniferous or low-growing cespitose grasses. To test this hypothesis, pastures of elephant grass cultivar BRS Kurumi were managed at three pre-grazing canopy heights (50, 65, and 80 cm) with similar defoliation severity (50%), resulting in post-grazing heights of 25, 32, and 40 cm, respectively, over two years. The experimental design consisted of a randomized complete block design, with three replications, totaling nine experimental units (145 m<sup>2</sup> paddocks). Evaluations were performed as the pastures reached the established management height, and the data were grouped by season. It was found that pastures managed at heights below the critical LAI made adjustments in tiller population, tissue flow, and tiller size, allowing the maintenance of similar forage production between heights of 65 to 80 cm. However, in pastures managed at 50 cm, these adjustments were insufficient, resulting in reduced forage production throughout the experimental period, especially in the second year. Elephant grass pastures (BRS Kurumi) show some flexibility in the management of pre-grazing height goals, although this flexibility is smaller compared to lower-growing plants with greater phenotypic plasticity.

**Keywords:** Grazing management, tissue flow, plasticity, tussocks.

## 5.3 INTRODUÇÃO

O capim-elefante é uma gramínea amplamente encontrada nas regiões tropicais, subtropicais e semiáridas do Brasil, devido ao interesse dos produtores em sua alta taxa de crescimento e produção de forragem (PEGORARO et al., 2009; SANTOS et al., 2013), podendo ser considerada como uma das forrageiras de maior relevância para a pecuária nacional (PEREIRA et al., 2017). Apesar de seu grande potencial produtivo, os cultivares tradicionais de capim-elefante (porte alto) apresentam desafios de manejo, como a tendência ao alongamento

excessivo do colmo, o que resulta em uma menor proporção de folhas, principal parte consumida pelos animais. Esse desequilíbrio pode reduzir o valor nutritivo do pasto e dificultar o manejo, especialmente em sistemas de pastejo intensivo (Madeiro, 2010). Tomando em consideração esses fatores, o desenvolvimento de estudos que visem maior eficiência e qualidade nutricional, o que levou ao desenvolvimento de cultivares do tipo 'anão', que possuem menor altura, maior perfilhamento e são aptos para o pastejo. (GOMIDE et al., 2015). Entre os cultivares mais promissores do tipo anão destaca-se o BRS Kurumi (SOUZA et al., 2017; VIANA et al., 2015), caracterizado por uma grande proporção de folhas em relação ao colmo, o que contribui para elevar o valor nutritivo da forragem disponível para os animais (CHAVES et al., 2013). Além disso, a menor altura do dossel forrageiro facilita o manejo e o consumo pelos animais, reduzindo o desperdício de forragem e aumentando a eficiência alimentar (PACIULLO et al., 2015).

Estudos realizados por Chaves et al. (2013) e Gomide et al. (2015) serviram como base para recomendar a altura de manejo em pré-pastejo do cultivar BRS kurumi entorno de 75-80 cm, sendo esses valores os correspondentes àqueles no qual o dossel forrageiro intercepta cerca de 95% da radiação fotossinteticamente ativa. Posteriormente Jochims e Lutdke (2020) relataram que a utilização de desfolhas moderadas, em torno de 50%, seriam a estratégia de manejo mais recomendada para este tipo de planta com o intuito de garantir o equilíbrio entre a produção de forragem e a sobrevivência da planta.

Estudos sobre o manejo do pastejo com alturas do dossel inferiores àquelas correspondentes ao  $IAF_{crítico}$  em cultivares anão como o cv. BRS Kurumi vem sendo desenvolvidas (PINTO Da ROSA et al., 2023), baseada na possibilidade de que plantas formadoras de touceira também apresentem flexibilidade no manejo das metas de altura em pré-pastejo como foi anteriormente verificada em plantas forrageiras de porte baixo e com hábito de crescimento cespitoso ou estolonífero (BIRCHAM e HODGSON, 1983; GOMES, 2023; MOCELIN et al., 2022; PAULA et al., 2012; SBRISSIA et al., 2018). Nestes estudos observou-se que a flexibilidade no manejo das metas de altura apresenta uma amplitude entorno de 50-65% da altura de dossel correspondente



ao IAF<sub>crítico</sub>, entretanto, em plantas como o cv. BRS kurumi a existência da flexibilidade de manejo e a amplitude da faixa de alturas é desconhecida.

A possibilidade de manejar as pastagens em alturas inferiores a essa altura máxima é de especial interesse agrônomo nos pastos tropicais, caracterizados por maior filocrono (MACEDO et al., 2017) e altas taxas de alongamento de colmo, especialmente na época de florescimento, o que influencia negativamente o valor nutritivo do pasto (CARVALHO et al., 2005). Além disso, neste tipo de plantas, a flexibilidade no manejo das metas de altura em pré-pastejo permitiriam ajustar os pastejos durante a transição da época de seca a chuva, caracterizada por uma rápida produção de biomassa (SANTOS et al., 2018), porém, com menor valor nutritivo pela possível diluição na concentração de nutrientes nos tecidos vegetais (SILVA et al., 2016). Essas informações são escassas na literatura para o capim-elefante manejado sob lotação intermitente, e permitiriam, caso fosse comprovada a existência da flexibilidade, ajustar as estratégias do manejo do pastejo com aplicação direta ao objetivo comercial do produtor. Com base no exposto, o presente trabalho buscou determinar a existência de flexibilidade nas metas de alturas de manejo pré-pastejo em pastos de *Cenchrus purpureus* Schumach cv. BRS Kurumi.

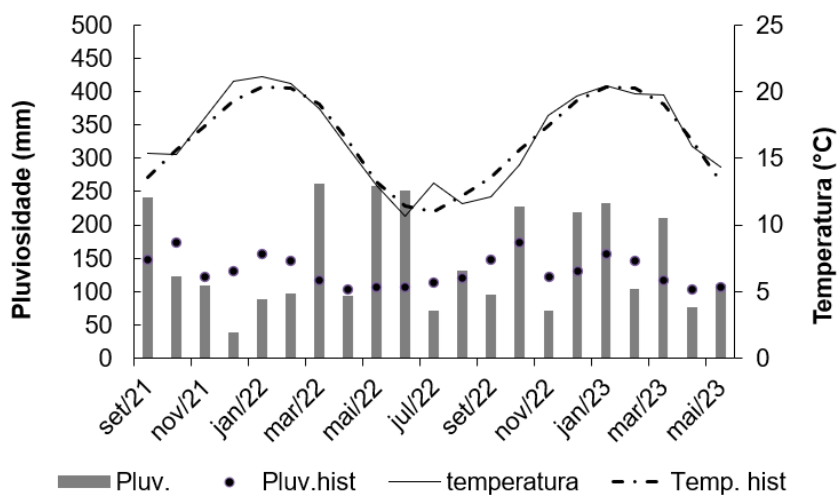
## 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.4.1 Local e condições do experimento

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), em Lages, SC, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas 27° 48' 58" latitude sul e 50° 19' 34" longitude oeste, a uma altitude de aproximadamente 930 m acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, caracterizado por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do ano, verões amenos e invernos com geadas frequentes (ALVARES et al., 2013), ocasionando a paralização do crescimento da biomassa aérea do capim-elefante até o início da primavera. O período experimental iniciou-se em setembro de 2021 e terminou em maio de 2023. Na Figura 1 são apresentadas as variáveis climáticas de precipitação mensal (mm), temperatura média do ar (°C) durante o

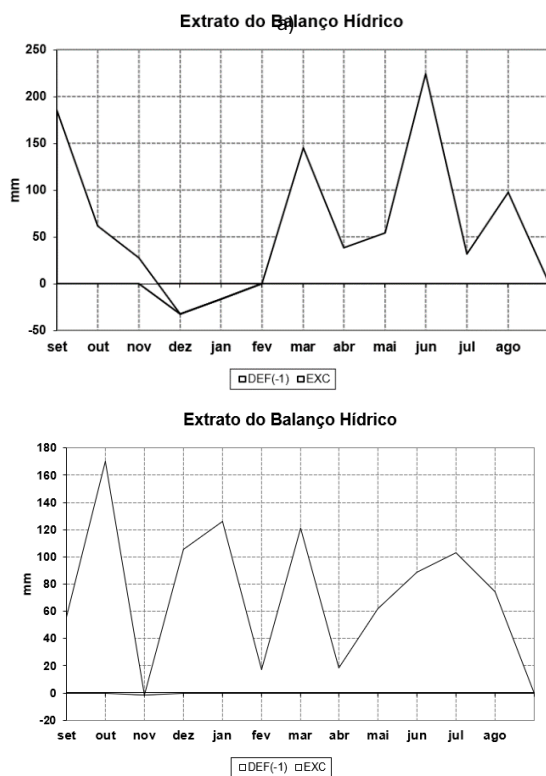
período experimental (exceto para a época fria do ano) e as médias históricas de 85 anos. O balanço hídrico, calculado considerando a capacidade de água disponível no solo de 100 mm e utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) com base nos dados históricos 2021-2023 (EPAGRI-CIRAM, 2023), é apresentado na Figura 2.

Figura 1 - Precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) mensal observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.



Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2023

Figura 2 - Balanço hídrico dos anos 2021-2022 (a) e 2022-2023 (b)



b)

Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2023

No local do experimento havia, desde 2014, uma pastagem mista formada por *Cenchrus clandestinus* e *Lolium arundinaceum*, que fizeram parte de um protocolo experimental anterior (BERNARDON et al., 2021; MIQUELOTO et al., 2020). Para a implantação do capim-elefante, foi necessário dessecar a área durante os meses de novembro/dezembro de 2020. A área possui solo classificado como Cambissolo Húmico Alumínico Típico (EMBRAPA, 2006), que apresentava, no início do período experimental, as características físico-químicas na camada 0 a 20 cm de profundidade descritas na Tabela 1. Com base nesses resultados, foi realizada a correção de acidez do solo utilizando 2.1 t.ha<sup>-1</sup> de calcário. A implantação do pasto foi realizada em janeiro de 2021, por meio de estacas vegetativas alocadas em fileiras com arranjo espacial de 0,65 x

0,65 m. Após a implantação do pasto, toda a área experimental foi vedada até o início da época quente do ano, que na região se inicia em meados da primavera. Posteriormente, o pasto foi roçado a 15 cm de altura para a remoção da palhada resultante da época fria (outono/inverno).

Tabela 1 - Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.

	MO	Arg.	Sat. Bas.	Ca	Mg	H+ Al	CTC*	P	K	
	pH	-----%-----		----- cmolc.dm <sup>-3</sup> -----			--mg.dm <sup>-3</sup> --			
<b>0-20</b>	4.7	4.1	32.5	62.2	7.4	4.6	7.4	12.5	11.8	117

Fonte: elaborado pelo autora, 2023.  
CTC\* em pH 7.0

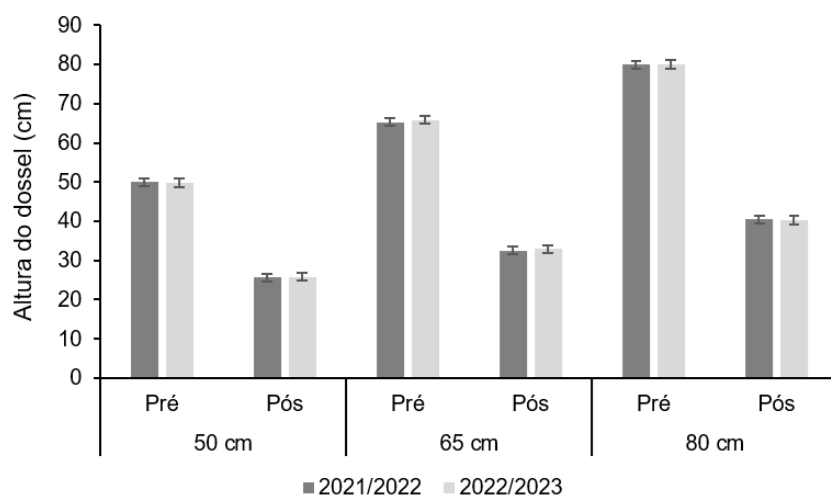
#### 5.4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados (DBC) com três repetições. Os tratamentos corresponderam a três alturas do dossel em pré-pastejo, 50 cm, 65 cm e 80 cm, associados a severidade de desfolha de 50%, gerando alturas residuais de 25 cm, 32 cm e 40 cm, respectivamente. Cada unidade experimental (piquete) possuía 145 m<sup>2</sup>, totalizando uma área útil de 1305 m<sup>2</sup>. As alturas meta pré-pastejo foram determinadas considerando a existência da flexibilidade no acúmulo de forragem observada em estudos anteriores com gramíneas de porte baixo/médio e hábito de crescimento cespitoso ou estolonífero (SBRISSIA et al., 2018; GOMES, 2019). A amplitude dessa flexibilidade encontra-se em torno de 65% da altura do dossel na qual a interceptação da radiação incidente corresponde a 95%, conhecido como IAF<sub>crítico</sub>.

Os pastos foram manejados sob lotação intermitente, e o controle da altura do dossel foi realizado com o auxílio de uma régua graduada, registrando-se a média da altura de 30 pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental (Figura 3). O monitoramento das alturas meta foi realizado periodicamente a fim de manter o controle sobre a altura do dossel e assegurar

as estratégias de manejo. Quando o pasto atingia a altura meta pré-pastejo, a desfolha era realizada por duas novilhas leiteiras da raça Holandesa pertencentes ao plantel do programa leiteiro da UDESC/CAV, com peso médio de 410 kg, alocadas em cada unidade experimental até atingir a altura meta no pós-pastejo. Logo após, elas eram retiradas da área.

Figura 3 – Médias das alturas de manejo em pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos experimentais



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Pré ano 1 – Altura no pré-pastejo no ano 1. Pós ano 1 - Altura no pós-pastejo no ano 1. Pré ano 2 – Altura no pré-pastejo no ano 2. Pós ano 2 - Altura no pós-pastejo no ano 2.

Foram realizadas adubações nitrogenadas que totalizaram 400 kg de N. ha<sup>-1</sup>.ano. Essa quantidade foi fracionada em três doses de 150, 150 e 100 kg. ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, aplicadas no início de cada estação, com exceção do inverno, em dias com condições climáticas.

### **5.4.3 Variáveis analisadas**

#### **5.4.3.1 Massa e acúmulo de forragem**

A massa de forragem no pré-pastejo foi estimada pelo método direto, por meio do corte de cinco amostras por unidade experimental no nível da altura residual planejada, em pontos representativos da condição média do piquete, usando uma moldura metálica de 1m<sup>2</sup> (100 x 100 cm). O material coletado foi armazenado em sacos de papel previamente identificados e levado a estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 120 horas ou até atingir peso estável. Após esse período, o peso seco do material foi determinado em balança analítica para quantificação da matéria seca. Com essa informação, foi possível estimar a massa de forragem (kg.ha<sup>-1</sup> de matéria seca) de cada corte para cada tratamento. Para estimar o acúmulo de forragem em cada estação, foram somadas as massas de forragem de cada ciclo de pastejo correspondentes ao período avaliado, já o acúmulo de forragem anual foi realizado por meio da somatória dos acúmulos de cada estação do ano.

O intervalo entre pastejos foi calculado como o período (em dias ou em tempo térmico) no qual os animais retornam à mesma unidade experimental. Ao relacionar a produção anual de forragem com o tempo transcorrido durante o período experimental, foi possível calcular a taxa de acúmulo de forragem. Em nosso estudo, essa variável foi calculada de duas formas: a primeira utilizando o intervalo em dias e a segunda utilizando o tempo térmico (graus.dia<sup>-1</sup>).

Também foi calculada a densidade volumétrica do estrato pastejável, a partir da divisão da massa de forragem (kg.ha<sup>-1</sup> de matéria seca) pela altura do estrato pastejável para cada tratamento (cm). Deve-se notar que a estimativa do acúmulo e a taxa de acúmulo de forragem foram calculadas considerando a data do rebaixamento de primavera como início do ciclo produtivo em cada ano de avaliação.

#### **5.4.3.2 Características estruturais e morfológicas do pasto**

Para quantificar a relação folha:colmo dos pastos, foram coletadas três amostras aleatórias em pontos representativos da condição média do dossel forrageiro, usando uma moldura metálica de 1m<sup>2</sup> (100 x 100 cm) no nível do solo,

durante a época quente de cada ano (primavera e verão). O material coletado foi levado ao laboratório e fracionado manualmente nos componentes: capim-elefante, material morto e outras plantas (invasoras). Toda a massa de forragem foi separada em lâminas foliares (destacadas ao nível da lígula) e colmo (colmo + pseudo-colmo). Os componentes da amostra foram secos em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) por 120 horas e posteriormente pesados para determinação do peso seco (g). Com essa informação foi possível estimar a massa seca de cada componente do pasto (kg.ha<sup>-1</sup>) e, desta forma, além estimar a relação folha:colmo, a massa de forragem total no pré-pastejo

Para estimar a densidade populacional de perfilho (DPP) foram utilizadas as amostras de pasto anteriormente citadas e, antes da separação manual dos componentes, todos os perfilhos contidos no quadro amostrador foram contabilizados e classificados como basais e aéreos. Assim, a partir da massa seca das lâminas foliares e do colmo (g) foi possível estimar o peso médio do perfilho (PMP, g/perfilho<sup>-1</sup>), como sendo a somatória da massa seca de forragem (folha + colmo) dividido entre o número de perfilhos contidos na amostra.

Para a avaliação do índice de área foliar (IAF), as lâminas foliares previamente separadas foram passadas em um integrador de área foliar (modelo LI-3100C, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) para determinação da área foliar. Ao relacionar a área foliar com a massa seca de folhas contida no quadro amostrado foi calculado o IAF. Esta avaliação também foi realizada no segundo ano quando o pastos se encontravam na condição pós-desfolha.

As características morfológicas e de fluxo de tecidos do capim-elefante foram avaliadas pela técnica de perfilhos marcados (DAVIES, 1993). As avaliações abrangeram apenas um ciclo de pastejo em cada ano de produção, sendo realizado durante o verão/início do outono no primeiro ano e no início do outono para o segundo ano. A avaliação iniciou-se sempre na condição pós-pastejo até atingir a altura meta do próximo pastejo, motivo pelo qual houve variação na duração do período de avaliação entre os tratamentos. Para tanto, foram selecionados vinte perfilhos ao longo de duas transectas, em pontos que representavam a condição da pastagem e respeitando a proporção de perfilhos basais e aéreos contabilizados com antecedência. Os perfilhos foram identificados com fios coloridos e numerados. O intervalo entre cada avaliação

variou conforme o tratamento e a estação do ano, ocorrendo a cada três ou, no máximo, a cada sete dias. Tomando em consideração a variabilidade no período de avaliação, as variáveis foram calculadas em relação à soma térmica (graus.dia<sup>-1</sup>) de cada período e não dias de avaliação, considerando como temperatura base do capim-elefante 10°C (ONG e MONTEITH, 1985; SQUIRE et al., 1984).

As folhas dos perfilhos selecionados foram avaliadas começando pela folha mais velha para a mais nova de forma ascendente, sendo avaliado: (a) comprimento da lâmina foliar, (b), classificação como em expansão ou madura, (c) intacta ou desfolhada, (d) viva ou senescente. A folha era considerada 'em expansão' quando a lígula não estava totalmente exposta/visível, 'madura' quando a lígula estava totalmente exposta e senescente quando a lâmina foliar apresentava sinais de senescência (amarelamento/enegrecimento). O comprimento do colmo (colmo + pseudocolmo) foi medido como a distância entre a base do colmo a nível do solo e a lígula da última folha completamente expandida para os perfilhos basais e no caso dos perfilhos aéreos foi medido como a distância entre a base do colmo a nível da gema axilar e a lígula da última folha completamente expandida.

A partir desses dados foi possível calcular as seguintes variáveis: (a) taxa de alongamento da folha ( $TA_{\text{foliar}}$ ; cm perfilho<sup>-1</sup>graus.dia<sup>-1</sup>), sendo o aumento no comprimento da lâmina foliar entre avaliações consecutivas; (b) taxa de alongamento do colmo (cm perfilho.dia<sup>-1</sup>), como o aumento no comprimento de colmo entre avaliações consecutivas e; c) taxa de senescência foliar ( $TS_{\text{foliar}}$ ; cm perfilho<sup>-1</sup>.graus.dia<sup>-1</sup>), sendo a variação negativa entre medidas sucessivas no comprimento da lâmina foliar, promovida pela senescência. O filocrono, intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas, foi calculado como sendo a soma térmica (graus.dia<sup>-1</sup>), considerando a temperatura base de 10°C para o capim-elefante e, o número de folhas vivas por perfilho como sendo o maior valor para as folhas vivas num perfilho (NFV). A meia-vida foliar (MVF; graus.dia<sup>-1</sup>), considerado como tempo transcorrido desde o aparecimento da folha até a sua morte, calculada como o produto entre o número de folhas vivas por perfilho e o filocrono. O tamanho da folha e a taxa de aparecimento foliar ( $TAp_{\text{foliar}}$ ) também foram calculados.



Para calcular a taxa de acúmulo líquido de forragem ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{graus}\cdot\text{dia}^{-1}$  de matéria seca) foi necessário transformar as taxas de alongamento e senescência, calculadas em centímetros por perfilho ( $\text{cm}\cdot\text{perfilho}^{-1}\cdot\text{graus}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) em quilogramas por hectare ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de matéria seca). Para isso, foi estimado o peso por unidade de comprimento (peso específico) das partes dos perfilhos (lâminas foliares e colmo). A determinação do peso seco por unidade de comprimento ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) foi realizada ao finalizar a coleta de dados do fluxo de tecidos. Finalizada a avaliação do fluxo, os perfilhos foram coletados e todas as folhas/colmos foram medidos de acordo com a metodologia descrita acima. Em seguida, todo o material foi separado e as partes senescentes das folhas foram removidas. As folhas e os colmos foram secos em estufa de circulação forçada de ar ( $65^{\circ}\text{C}$ ) por 72 horas e posteriormente pesados para o cálculo do peso específico ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). A taxa de acúmulo líquido de forragem foi estimada conforme a metodologia apresentada por Bircham e Hodgson (1983) por meio da seguinte equação (1):

$$\text{TACI} (\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}) = \{[(\text{TA}_{\text{foliar}} \times \text{peF}) + (\text{TA}_{\text{colmo}} \times \text{peC})] - (\text{TS}_{\text{foliar}} \times \text{peF})\} \times \text{DPP} \times 10 \quad (1)$$

Sendo que,  $\text{TA}_{\text{foliar}}$  e  $\text{TA}_{\text{colmo}}$  são as taxas de alongamento de folha e colmo;  $\text{TS}_{\text{foliar}}$  é a taxa de senescência foliar;  $\text{peF}$  e  $\text{peC}$  são o peso específico ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) das folhas e colmos;  $\text{DPP}$  é a densidade populacional de perfilhos de cada uma das espécies na mistura e 10 é um fator de conversão de  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  para  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de matéria seca.

#### 5.4.4 Análise estatística

Como os tratamentos foram manejados por meio de cortes baseados em altura, as datas do corte não foram similares entre os tratamentos ao longo de todo período experimental. Assim, todas as variáveis coletadas foram distribuídas para cada estação do ano, com a exceção do inverno. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk no software estatístico InfoStat 2008. Para selecionar a matriz de covariância que melhor se adequasse a cada conjunto de dados foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC; WOLFINGER, 1993). A análise

de variância de dados (ANOVA) foi realizada segundo o procedimento padrão de cálculo do software estatístico InfoStat 2008, as médias foram comparadas através do teste “LSD Fisher” adoptando níveis de significância de 5%.

Foram utilizadas no modelo estatístico os efeitos isolados de altura, estação do ano e ano de avaliação, dependendo da variável também foi incorporado no análise o efeito tipo de perfilho. Também foram utilizadas as interações entre altura x estação do ano, altura x ano e altura x ano x estação do ano. No texto somente foram apresentados os efeitos que foram estatisticamente significativos ( $P < 0,05$ ).

## 5.5 RESULTADOS

As avaliações de acúmulo de forragem, dinâmica populacional de perfilhos e touceiras nos pastos no primeiro ano experimental iniciaram em novembro de 2021 e continuaram até meados de maio de 2022 devido ao começo do inverno, marcado pelas baixas temperaturas e ocorrência de geada, que paralisam o crescimento vegetativo da espécie até a seguinte primavera, durante este período a soma térmica foi de 2029.4 graus.dia<sup>-1</sup>. No segundo ano, devido à prolongação das condições típicas do inverno, as avaliações iniciaram em dezembro nos pastos manejados a 50 cm, posteriormente aqueles manejados a 65 cm e 80 cm em janeiro de 2023, sendo encerradas no final de maio de 2023, condicionado novamente pelo início do inverno; neste segundo período a soma térmica do período experimental foi de 1776.5 graus.dia<sup>-1</sup>. As alturas de manejo do dossel no pré-pastejo permitiram entre 10 e 5 eventos de desfolha com intervalos que variavam entre 27 e 52 dias (Tabela 2). A interceptação luminosa média dos pastos em pré-pastejo ao longo de todo o período experimental foi de 87%, 93,5% e 95,7% para as alturas de manejo de 50 cm, 65 cm e 80 cm respectivamente.

Tabela 2 - Valor médio de ciclos pastejo e intervalo entre desfolhas em pastos de capim-elefante BRS Kurumi manejados com diferentes alturas do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos.

	Altura do dossel em pré-pastejo (cm)		
	50	65	80
	Número de pastejos		
2021/2022	10	8	5
2022/2023	9	7	6
Média	10	8	5
	Intervalo de descanso (dias)		
2021/2022	27	34	54
2022/2023	27	35	49
Média	27	34	52

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

### 5.5.1 Massa e acúmulo de forragem

Verificou-se efeito de interação entre altura de manejo e ano de avaliação para o acúmulo total de forragem ( $P= 0,001$ ). Os acúmulos de forragem nas alturas de manejo do dossel em pré-pastejo de 80 e 65 cm foram similares entre si e superiores aqueles manejados a 50 cm ao longo de todo o período experimental. Independentemente da altura de manejo do dossel forrageiro, a maior produção de forragem foi cerca de 23% maior no primeiro ano de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3 - Acúmulo total de forragem (kg MS.ha<sup>-1</sup>.ano) em pastos de capim-elefante BRS Kurumi manejados com diferentes alturas do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos.

Anos	Altura de manejo (cm)			
	50	65	80	Média
2021/2022	11250 ± 620 <sup>Ab</sup>	13150 ± 700 <sup>Aab</sup>	14300 ± 700 <sup>Aa</sup>	12660 ± 385
2022/2023	8750 ± 700 <sup>Bb</sup>	9880 ± 700 <sup>Bab</sup>	12990 ± 700 <sup>Ba</sup>	10280 ± 410
Média	10000 ± 460	11500 ± 500	13650 ± 500	

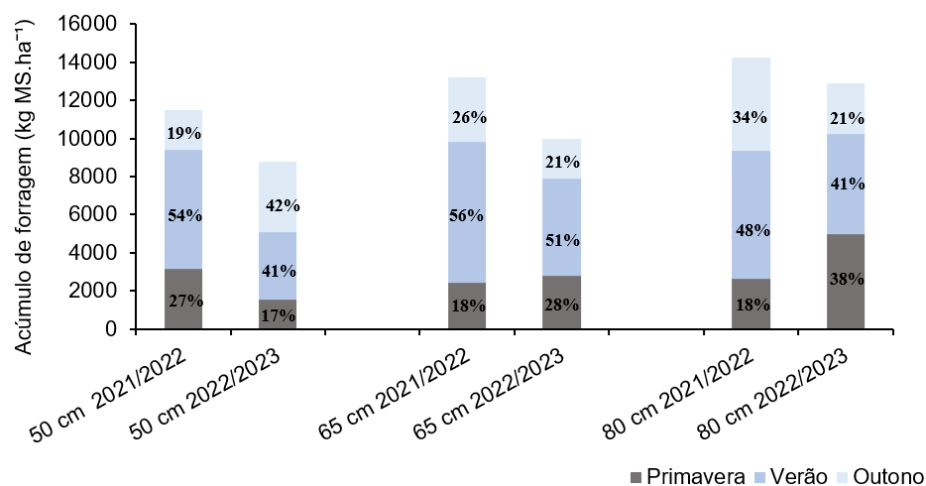
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0.05$ ). Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Houve efeito da interação altura de manejo x estação x ano de avaliação ( $P < 0,0001$ ) para os valores de acúmulo de forragem por estação. Nota-se que

no primeiro ano de avaliação, a maior produção de forragem concentrou-se no verão independentemente da altura de manejo do dossel, entretanto, no segundo ano de avaliação houve redução nos pastos manejados a 50 cm, já pastos nas maiores alturas de dossel foram similares entre si. Essa diminuição foi devido à menor produção de forragem que se iniciou no outono de primeiro ciclo e continuou desde a primavera do segundo ciclo de avaliação. De forma geral, a produção de forragem foi menor no segundo ano de avaliação para todas as alturas de manejo do dossel, sendo mais afetada nos pastos manejados a 50 cm (Figura 4).

A produção de forragem nos pastos manejados a 80 cm manteve-se similar durante o outono do primeiro ano e primavera do segundo (Figura 4).

Figura 4 - Acúmulo de forragem por estação do ano (kg MS.ha<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante manejados sob três alturas no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

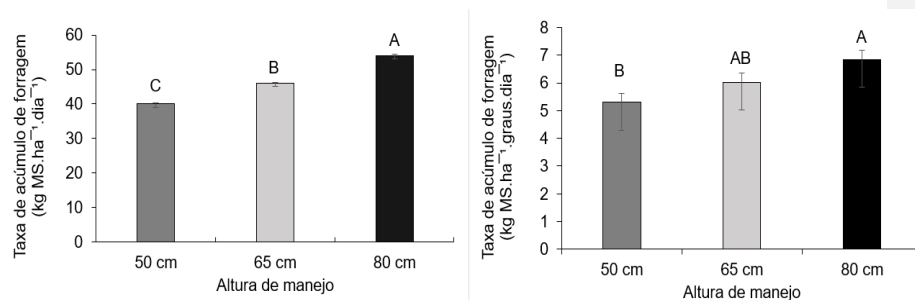


Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A taxa de acúmulo de forragem (TAF) foi avaliada por duas vias, a primeira sendo relacionada com o tempo (dias) e, a segunda com o tempo térmico acumulado para o mesmo período (graus.dia<sup>-1</sup>), desconsiderando a estação do ano. Quando calculada em relação ao tempo, houve efeito de altura do dossel ( $P=0,0009$ ) e ano de avaliação ( $P=0,005$ ). Independentemente do ano de

avaliação, a TAF aumentou conforme as alturas de manejo do dossel, sendo em média de 40, 46 e  $54 \pm 2$  kg MS.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, para as alturas de 50, 65 e 80 cm respectivamente (Figura 5a). A maior média na TAF foi de  $49 \pm 2$  kg MS.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, sendo observada no primeiro ano de avaliação, já no segundo ano houve redução de 14%. Em relação à soma térmica (graus.dia<sup>-1</sup>) verificou-se efeito de altura de manejo ( $P=0,01$ ; Figura 5b), sendo que pastos manejados a 80 cm apresentaram acúmulo de forragem superior em 1,5 e 0,8 kg MS.ha<sup>-1</sup>.graus.dia<sup>-1</sup> quando comparado com as alturas de 50 cm e 65 cm respectivamente.

Figura 5 - Taxa de acúmulo de forragem (kg MS.ha<sup>-1</sup>) em relação ao tempo (dias, a) e o tempo térmico (graus.dia<sup>-1</sup>, b) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos experimento

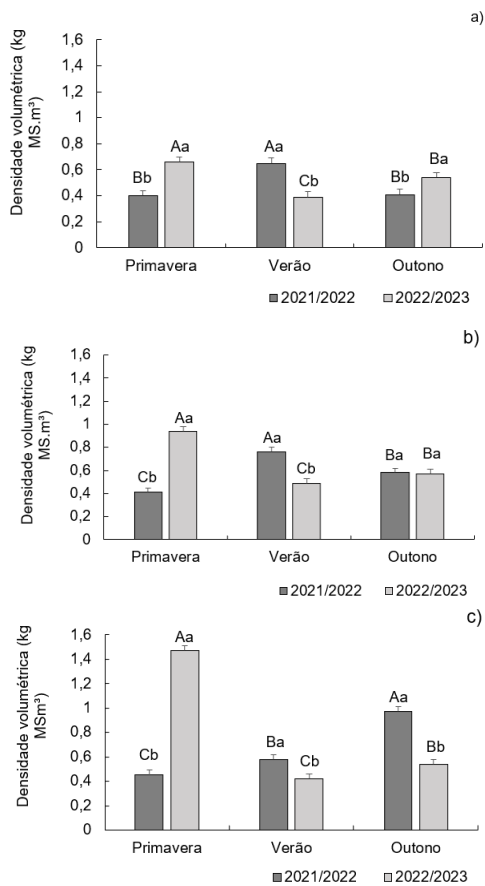


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ )  
 Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A densidade volumétrica do estrato pastejável (Figura 6) foi afetado pela altura de manejo ( $P=0,03$ ) e pela interação altura do dossel x estação x ano de avaliação ( $P=0,01$ ). De modo geral, ao longo de todo o período experimental a menor e maior densidade do dossel foi observada nos pastos manejados a 50 e 80 cm respectivamente (Figura 6 e 6c). Independentemente da altura de manejo do dossel, a maior densidade do dossel foi verificada no segundo ano, sendo a primavera a estação com pastos mais densos. Essa resposta foi diferente do observado no primeiro ano de avaliação onde as maiores densidades foram observadas no verão para as alturas de manejo de 50 e 65 cm e, no outono para os pastos manejados a 80 cm (Figura 6a, 6b e 6c). Essa

mudança no padrão de resposta possivelmente esteja relacionada ao menor tempo térmico do segundo ano de avaliação.

Figura 6 - Densidade volumétrica ( $\text{kg MS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) do estrato superior ao longo das estações de pastos de capim-elefante manejados com diferentes alturas do dossel no pré-pastejo (50 cm (a), 65 cm (b) e 80 cm (c)) ao longo de dois anos.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na estação e minúscula no ano não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ). Fonte: Elaborado pela autora (2024).

### 5.5.2 Características estruturais e morfológicas do pasto

A massa de forragem em pré-pastejo foi alterada pela altura de manejo, estação e ano de avaliação ( $P < 0,0001$ ) e pela interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P = 0,0016$ ) e estação x ano de avaliação ( $P = 0,0001$ ). No segundo ano de avaliação, observou-se um incremento nas maiores alturas de manejo, com médias de 0,5 e 2,2 t MS.ha<sup>-1</sup> nos pastos manejados com 65 cm e 80 cm, respectivamente. Entretanto, pastos manejados a 50 cm não apresentaram variação ao longo do período experimental (Tabela 4). Independentemente do ano de avaliação, a primavera foi a estação com menor massa de forragem; contudo, houve aumento de 2 t MS.ha<sup>-1</sup> de matéria seca no segundo ano nesta estação (Tabela 5).

Tabela 4 - Massa de forragem total (kg MS.ha<sup>-1</sup>) em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.

Ano	Altura do dossel (cm)			Média
	50	65	80	
2021/2022	2354 ± 254 <sup>Ac</sup>	3008 ± 317 <sup>Bb</sup>	3960 ± 317 <sup>Ba</sup>	3107 ± 170 <sup>B</sup>
2022/2023	2086 ± 388 <sup>Ac</sup>	3515 ± 317 <sup>Ab</sup>	6236 ± 317 <sup>Aa</sup>	3946 ± 198 <sup>A</sup>
Média	2220 ± 230 <sup>c</sup>	3260 ± 224 <sup>b</sup>	5098 ± 224 <sup>a</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não são significativamente diferentes (P < 0,05)

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Tabela 5 - Massa de forragem total (Kg.ha<sup>-1</sup> de matéria seca) em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.

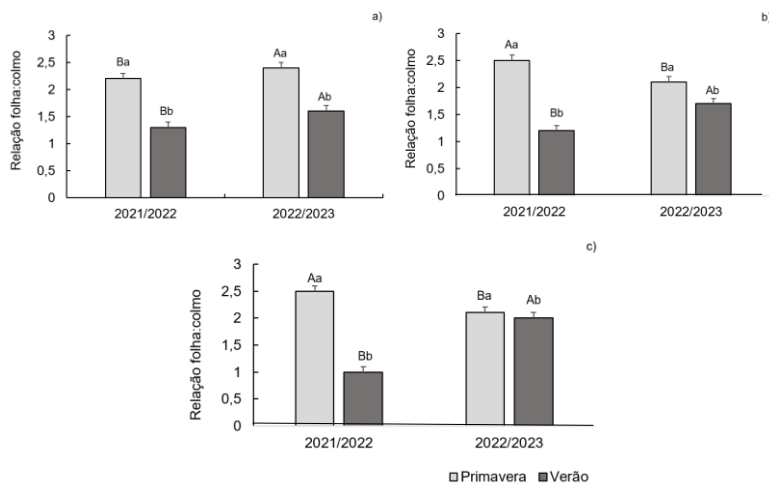
Ano	Estação do Ano		Média
	Primavera	Verão	
2021/2022	1512 ± 241 <sup>Bb</sup>	4701 ± 241 <sup>Aa</sup>	3017 ± 170 <sup>B</sup>
2022/2023	3525 ± 280 <sup>Ab</sup>	4367 ± 280 <sup>Aa</sup>	3946 ± 198 <sup>A</sup>
Média	2518 ± 185 <sup>b</sup>	4534 ± 185 <sup>a</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não são significativamente diferentes entre si pelo teste LSD (P ≥ 0,05).

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A relação folha:colmo foi alterada pela estação ( $P < 0,0001$ ), ano de avaliação ( $P = 0,03$ ) e pela interação estação x ano ( $P = 0,006$ ). Não houve diferença entre as alturas de manejo ( $P = 0,6$ ), assim, todos os pastos apresentaram em média uma proporção de folha:colmo de 2:1. Durante a época quente do ano, todas as alturas de manejo do dossel apresentaram uma maior proporção de folhas em relação ao colmo da primavera. Contudo, os pastos manejados a 65 e 80 cm foram mais folhosos no primeiro ano de avaliação, enquanto na altura de 50 cm essa resposta foi verificada apenas no segundo ano ( $P = 0,01$ , Figura 7). Na condição de pós-pastejo, houve efeito de altura ( $P = 0,03$ ) para a relação folha:colmo, assim, pastos manejados a 50 cm preservam uma maior proporção de folhas quando comparados aos pastos manejados nas maiores alturas, os quais foram similares entre si, sendo a proporção 0,8:1 e 0,45:1 respectivamente.

Figura 7 - Relação folha:colmo em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos experimentais submetidos a alturas de manejo do dossel no pré-pastejo em 50 cm (a), 65 cm (b) e 80 cm (c).



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na estação e minúscula no ano não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ )

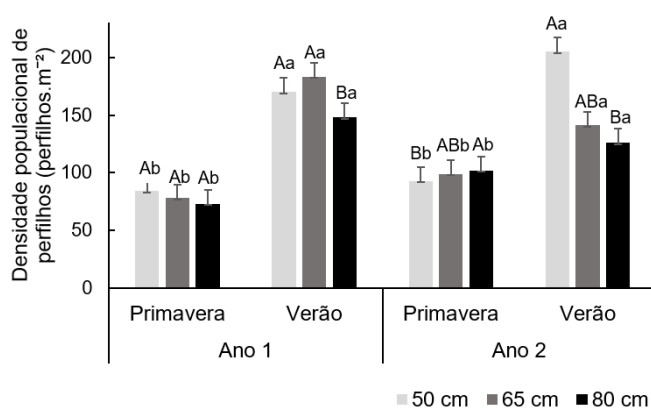
Fonte: Elaborado pela autora (2024)



A densidade populacional de perfilhos (basais e aéreos; Figura 8) variou em função da estação do ano ( $P < 0,0001$ ) e pela interação altura do dossel x estação x ano de avaliação ( $P = 0,003$ ). Independentemente da altura de manejo do dossel ou ano de avaliação, o verão foi a estação durante a época quente com maior e mais estável densidade populacional devido à maior participação de perfilhos aéreos, já a primavera mostrou variação entre os anos de avaliação, sendo mais densa no segundo período. Pastos nas alturas de 50 e 65 cm durante o primeiro ano de avaliação mostraram um padrão demográfico similar entre si, com maior densidade populacional quando comparados com aqueles manejados a 80 cm. Essa resposta não se manteve igual no segundo período, onde pastos manejados a 65 e 80 cm iniciaram com uma maior população de perfilhos, contudo, com o avanço do verão observou-se nos pastos manejados a 50 cm aumento na população muito superior aos pastos nas alturas de 65 e 80 cm.

Na condição de pós-pastejo no verão, não houve diferença estatística entre as alturas de manejo do dossel para a densidade populacional de perfilhos, sendo em média  $140 \pm 12$  perfilhos.m<sup>-2</sup> ( $P = 0,5$ ). Os perfilhos remanescentes foram entorno de 75% do tipo basal.

Figura 8 - Densidade populacional de perfilhos (perfilhos.m<sup>2</sup>) ao longo de dois anos em pastos de capim-elefante submetidos alturas de manejo do dossel no pré-pastejo



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para a estação e minúscula para o ano de avaliação não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ )  
 Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao considerar somente a densidade populacional de perfilhos basais na condição de pré-pastejo observou-se que foi alterada pela estação ( $P=0,0003$ ) e ano de avaliação ( $P<0,0001$ ), contudo, não houve diferença entre as alturas de manejo ( $P=0,6$ ). Desta forma a estação com maior densidade populacional de perfilhos basais foi o verão, em média  $106 \pm 4$  perfilhos.m<sup>-2</sup>; já a primavera apresentou 16% menos perfilhos. Independentemente da altura de manejo ou estação da época quente, a maior densidade de perfilhos basais foi observada no segundo ano de avaliação, em média  $113 \pm 4$  perfilhos.m<sup>-2</sup>, sendo 37% superior quando comparado com o primeiro ano de avaliação.

A população de perfilhos aéreos somente começou a ser significativa durante o verão durante os dois anos de avaliação, representando menos que 5% da população total de perfilhos durante a primavera para todas as alturas de manejo. Assim, a população de perfilhos aéreos no verão foi alterada pelo ano de avaliação ( $P<0,0001$ ) e pela interação altura x ano de avaliação ( $P=0,05$ ). Todas as alturas de manejo do dossel apresentaram maior população de perfilhos aéreos no primeiro ano, contudo, pastos manejados a 50 e 65 cm foram superiores aqueles manejados a altura 80 cm durante este período, sendo em média  $83$  e  $70 \pm 9$  perfilhos.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Essa resposta não se manteve similar durante o segundo ano de avaliação, sendo que pastos manejados a 65 cm diminuíram a população de perfilhos aéreos até atingir valores similares aos pastos manejados a 80 cm, sendo em média  $18 \pm 9$  perfilhos.m<sup>-2</sup>; já pastos na altura de 50 cm se mostraram superiores durante esse mesmo período, sendo em média  $48 \pm 9$  perfilhos.m<sup>-2</sup>.

Durante essa mesma época quente foi avaliado o peso médio do perfilho na condição de pré-pastejo (PMP, Tabela 6), foi verificado efeito de altura de manejo ( $P<0,0001$ ), estação ( $P<0,0001$ ), ano de avaliação ( $P=0,006$ ) e interação altura x estação x ano de avaliação ( $P= 0,001$ ). Ao longo da primavera e verão do primeiro ano e a primavera do segundo ano de avaliação, os pastos mantiveram um padrão de resposta similar sendo que o PMP aumentava conforme as alturas de manejo do dossel, ou seja, perfilhos na altura de 80 cm foram mais pesados quando comparados àqueles manejados a 65 cm e, esses por sua vez, foram mais pesados daqueles manejados a 50 cm. Entretanto, no

verão do segundo ano foi observado similitude entre as alturas de manejo de 65 e 80 cm, sendo superiores aos pastos manejados a 50 cm.

Apesar desta mudança, manteve-se um padrão ao longo dos dois anos de avaliação em relação ao PMP, assim, independentemente da altura de manejo do dossel os perfilhos da primavera foram mais pesados quando comparados àqueles do verão.

Tabela 6 – Peso médio do perfilho (PMP, g.perfilho<sup>-1</sup>) em pastos em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.

Altura	2021/2022		
	Primavera	Verão	Média
50 cm	3,8 ± 0,4 <sup>Ca</sup>	1,8 ± 0,4 <sup>Cb</sup>	2,8 ± 0,4 <sup>C</sup>
65 cm	4,5 ± 0,4 <sup>Ba</sup>	2,6 ± 0,4 <sup>Bb</sup>	3,6 ± 0,4 <sup>B</sup>
80 cm	5,1 ± 0,4 <sup>Aa</sup>	4,4 ± 0,4 <sup>Ab</sup>	4 ± 0,4 <sup>A</sup>
Média	4,5 ± 0,4 <sup>a</sup>	2,9 ± 0,4 <sup>b</sup>	
	2022/2023		
	Primavera	Verão	Média
50 cm	1,9 ± 0,4 <sup>Ca</sup>	1,6 ± 0,4 <sup>Ba</sup>	1,7 ± 0,4 <sup>C</sup>
65 cm	4,6 ± 0,4 <sup>Ba</sup>	2,6 ± 0,4 <sup>Ab</sup>	3,6 ± 0,4 <sup>B</sup>
80 cm	6,4 ± 0,4 <sup>Aa</sup>	2,9 ± 0,4 <sup>Ab</sup>	4,7 ± 0,4 <sup>A</sup>
Média	4,3 ± 0,4 <sup>a</sup>	2,4 ± 0,4 <sup>b</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não são significativamente diferentes entre si pelo teste LSD (P ≥ 0,05).  
Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em relação à meia-vida foliar dos perfilhos (MVF, Tabela 7) foi verificado efeito de altura (P<0,0001) e interação altura do dossel x ano de avaliação (P=0.0004). Pastos manejados a 50 e 65 cm de altura apresentaram meia-vida foliar mais prolongada no segundo ano de avaliação, entretanto, na altura de manejo de 80 cm houve redução nesse período, entorno de 35%. Apesar disto, de maneira geral pastos nas alturas de 80 e 65 cm apresentaram meia-vida foliar mais prolongada quando comparada com aqueles de 50 cm ao longo de todo o período experimental.

Pastos manejados na altura de 80 cm apresentaram os maiores valores para o índice de área foliar (IAF) no pré e pós-pastejo, sendo em média 5,6 e

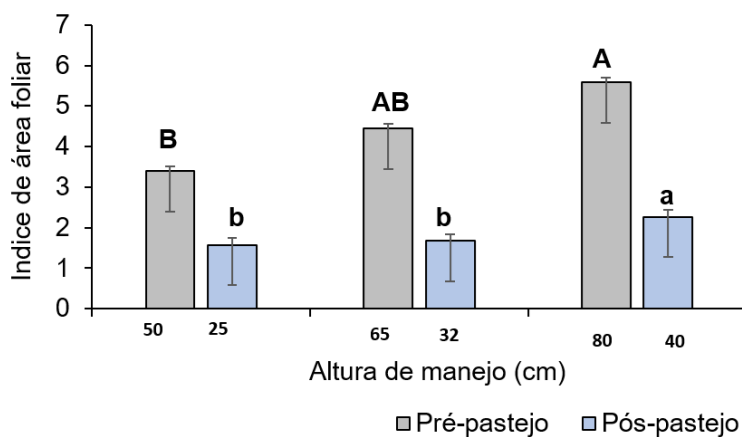
2,3; respectivamente. Em contrapartida, pastos manejados a 50 cm apresentaram o menor valor para IAF no pré e pós-pastejo, em média 3,4 e 16; respectivamente. Nos pastos na altura intermedia de 65 cm observou-se 31% maior IAF na condição de pré-pastejo quando comparado com a altura de 50 cm relacionado ao similar IAF no pós-pastejo ( $P=0,01$ ; Figura 9).

Tabela 7 – Meia-vida foliar (graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo durante o período quente (primavera e verão) ao longo de dois anos experimentais.

Altura de manejo (cm)	Ano de avaliação		Média
	2021-2022	2022-2023	
50	536,2 ± 120 <sup>Cb</sup>	682,4 ± 120 <sup>Ba</sup>	609,3 ± 120 <sup>B</sup>
65	914,6 ± 120 <sup>Bb</sup>	1076 ± 120 <sup>Aa</sup>	995,3 ± 120 <sup>A</sup>
80	1049,6 ± 120 <sup>Aa</sup>	686 ± 120 <sup>Bb</sup>	867,8 ± 120 <sup>A</sup>
Média	833,4 ± 120 <sup>a</sup>	814,8 ± 120 <sup>a</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não são significativamente diferentes entre si pelo teste LSD ( $P \geq 0,05$ ).  
Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Figura 9 - Índice de área foliar na condição de pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação



Médias seguidas pela mesma letras maiúscula no pré-pastejo e minúscula no pós-pastejo não são significativamente diferentes entre si pelo teste LSD ( $P \leq 0,05$ ).  
Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em relação ao comprimento médio das lâminas foliares, foi verificado efeito de tipo de perfilho ( $P= 0,05$ ), altura ( $P<0,0001$ ) e interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P<0,0001$ ). Perfilhos basais apresentaram folhas 10% maiores quando comparadas com aquelas dos perfilhos aéreos, também foi observado o menor comprimento de folha nos pastos manejados a 50 cm, os quais apresentaram valores equivalentes durante os dois anos de avaliação, em média de  $20,8 \pm 0,7$  cm.folha<sup>-1</sup>. Pastos manejados na altura de 65 cm apresentaram folhas de tamanho intermédio, em média  $24,5 \pm 0,7$  cm.folha<sup>-1</sup>, observou-se variação interanual sendo que houve 24% de redução no tamanho da folha entre o primeiro e segundo ano. Resposta contrária ocorreu nos pastos manejados a 80 cm com aumento de 59% no comprimento da folha entre os anos de avaliação e a folha mais comprida para as alturas de manejo, sendo entorno de  $29,8 \pm 0,7$  cm.folha<sup>-1</sup>, contudo, não foi observada diferença estatística entre os anos de avaliação.

Pastos manejados a 80 cm apresentaram 32% menor taxa de aparecimento de folhas ( $TA_{\text{foliar}}$ ) quando comparado com a altura de manejo a 50 cm e 65 cm, os quais foram equivalentes entre si, sendo em média de 0,015 e  $0,010 \pm 0,0001$  folhas.graus.dia<sup>-1</sup> respectivamente ( $P=0,005$ ). Não foi verificada variação entre os anos de avaliação ou tipo de perfilhos para a  $TA_{\text{foliar}}$  independentemente das alturas de manejo ( $P=0,07$ ).

Em relação ao filocrono, pastos manejados nas menores alturas do dossel foram equivalentes entre si e 1,8 vezes menor quando comparados com aqueles manejados a 80 cm, sendo em média de  $99,9 \pm 14$  e  $177,1 \pm 17$  graus.dia<sup>-1</sup> ( $P=0,0003$ ). Também foi verificado um filocrono maior nos perfilhos basais quando comparado com os aéreos independentemente do ano de avaliação, sendo em média de  $139,8 \pm 13$  e  $99,2 \pm 11$  graus.dia<sup>-1</sup> respectivamente ( $P=0,02$ ).

Ao considerar o número de folhas vivas no perfilhos (NFV), foi verificado efeito de altura ( $P<0,0001$ ) e interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P=0,05$ ). No primeiro ano de avaliação, pastos manejados a 50 cm foram menos folhosos quando comparados com aqueles manejados a 65 cm e 80 cm, equivalentes entre si, apresentando em média 6 e 6,5 folhas.perfilho<sup>-1</sup> respectivamente. Durante o segundo ano de avaliação, observou-se 10% de

incremento no número de folhas por perfilhos nas alturas de manejo de 50 cm e 80 cm. Entretanto, foi verificado 11% de redução nos pastos manejados a 65 cm. Também foi observada diferença entre perfilhos basais e aéreos, sendo os primeiros mais folhosos independentemente do ano de avaliação, apresentando em média 6,8 e  $6 \pm 0,13$  folhas.perfilho<sup>-1</sup> respectivamente ( $P < 0,0001$ ).

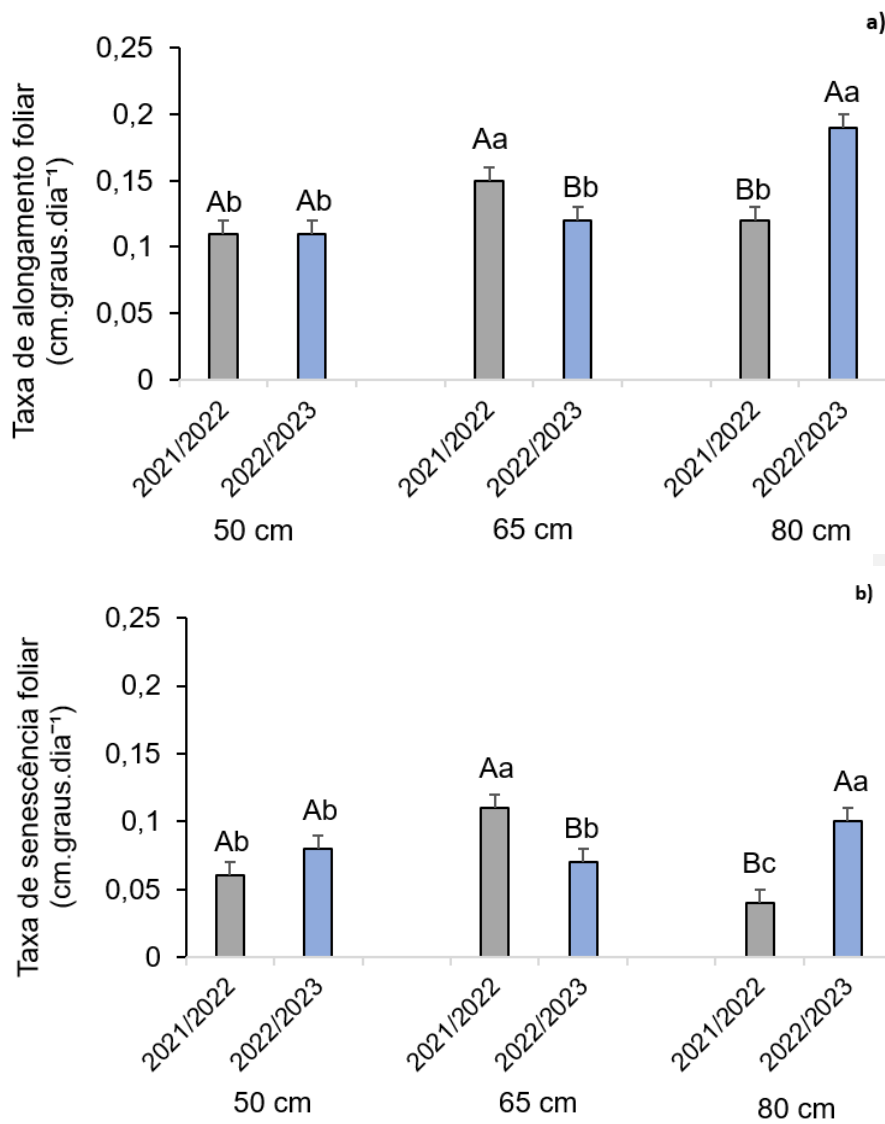
Ao considerar a taxa de alongamento foliar ( $TA_{\text{foliar}}$ , Figura 10a), foi verificado efeito de altura ( $P < 0,0001$ ) e interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P = 0,0001$ ). De modo geral, pastos manejados a 65 e 80 cm apresentaram taxas de alongamento de folhas similares entre si e superiores aqueles manejados a 50 cm ao longo de todo o período experimental. Nestes últimos não houve variação entre os anos de avaliação, entretanto, pastos manejados a 65 cm apresentaram diminuição durante o segundo ano, em contramão, pastos na altura de 80 cm aumentaram a  $TA_{\text{foliar}}$ .

A taxa de senescência foliar foi alterada pelo altura de manejo ( $P < 0,0001$ ), ano de avaliação ( $P = 0,02$ ) e pela interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P < 0,0001$ ). Não houve variação na  $TS_{\text{foliar}}$  nos pastos manejados em 50 cm ao longo do período experimental, porém, na altura de 65 cm observou-se queda de 36% na  $TS_{\text{foliar}}$  no segundo ano e, nos pastos manejados em 80 cm houve aumento na  $TS_{\text{foliar}}$  correspondente a 150% (Figura 10b).

Em relação à taxa de alongamento do colmo, não houve diferença entre as alturas de manejo, porém, foi verificado efeito de ano de avaliação ( $P = 0,003$ ), sendo o maior valor observado no ano 2022/2023, em média 0,01 e  $0,02 \pm 0,0001$  cm.graus.dia<sup>-1</sup> respectivamente.

Em relação à presença de plantas invasoras houve redução conforme aumentavam as alturas de manejo do dossel ( $P < 0,0001$ ). Assim, pastos manejados a 50 cm e 65 cm apresentam 2,5 e 1,8 vezes mais invasoras que os pastos manejados a 80 cm, sendo em média 265, 488 e  $685 \pm 40$  kg MS.ha<sup>-1</sup>. As espécies que maioritariamente conformaram a massa de plantas invasoras foram: *Cenchrus clandestinum* Hochst., *Lolium multiflorum* e *Trifolium repens*. As proporções destas espécies não foram estimadas.

Figura 10 - Taxa de alongamento ( $\text{cm.graus.dia}^{-1}$ , a) e senescência foliar ( $\text{cm.graus.dia}^{-1}$ , b) em pastos de capim-elefante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação



Letras maiúsculas comparam a mesma altura de manejo entre anos e letras minúsculas comparam as diferentes alturas de manejo entre ano de avaliação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

## 5.6 DISCUSSÃO

A manutenção da produção de forragem sob condições contrastantes do dossel vem sendo relatado na literatura científica desde os anos 1980 (BIRCHAM e HODGSON, 1983; PARSONS et al., 1988), sendo possível pela habilidade adaptativa das plantas em modificar seus processos morfogênicos como resposta a mudanças nas condições ambientais ou de manejo (plasticidade fenotípica). Esta estratégia evolutiva tem como objetivo garantir a sobrevivência ao proporcionar maior resistência ao pastejo (LEMAIRE, 1997), por meio de adaptações que ocorrem em nível fisiológico e morfológico, resultando em diferentes mecanismos e interações ecológicas (GRIME e MACKAY, 2002).

O principal ajuste na planta ocorre sobre a população de perfilhos e o fluxo de tecidos (BIRCHAM e HODGSON, 1983), por meio de um mecanismo compensatório inversamente proporcional entre a densidade populacional de perfilhos/fluxo de tecidos e o peso médio do perfilho (DAVIES, 1988; MATTHEW et al., 1995; NELSON e ZARROUGH, 1981), tendo como resultado a manutenção da produção de forragem em condições contrastantes do dossel. A magnitude desta resposta compensatória varia conforme a plasticidade fenotípica de cada espécie, sendo restrita às características genéticas e condições de manejo, determinando assim a rapidez de adaptação da planta a uma perturbação (MORI e NIINEMETS, 2010). Desta forma, os limites relacionados aos possíveis ajustes na população de perfilhos estão relacionados à densidade máxima de perfilhos ou tamanho mínimo do perfilho que pode garantir a sobrevivência da planta (CHAPMAN e LEMAIRES, 1993).

Por meio de estudos em plantas forrageiras no método de lotação intermitente (CALVANO et al., 2011; SBRISSIA et al., 2018; GOMES, 2019) foi possível demonstrar, além da existência de flexibilidade no manejo das alturas do dossel, a amplitude na qual opera o mecanismo homeostático em gramíneas com diferentes hábitos de crescimento, resultando em uma faixa de manejo da altura do dossel em pré-pastejo que varia entorno de 65% da altura correspondente ao  $IAF_{crítico}$  (SILVA, 2011). Em nosso trabalho, utilizando uma gramínea formadora de touceira manejada em uma faixa de alturas que correspondem até 65% da correspondente ao  $IAF_{crítico}$ , a existência da flexibilidade no manejo das metas de altura também foi encontrada, sendo que



somente pastos manejados a 50 cm apresentaram redução na produção de forragem ao longo dos dois anos de avaliação (Tabela 1).

Varição no acúmulo de forragem em relação à altura de manejo do dossel em pastos de capim-elefante anão no sistema de lotação intermitente foram observadas por Pinto da Rosa et al. (2023), sendo que pastos manejados a 60 cm reduziram entorno de 62% a produção de forragem quando comparados àqueles manejados a 80 cm. Desta forma, é possível que o limite inferior da flexibilidade das metas de altura nesta espécie seja menor daquele observado em outras plantas forrageiras de menor porte, ficando entorno de 80% da altura correspondente ao  $IAF_{crítico}$ , ou seja, 65 cm de altura do dossel.

Apesar da disponibilidade de água no solo não ter sido um fator limitante ao longo do período experimental (Figura 1), de forma geral a produção de forragem em nosso experimento foi inferior à relatada na literatura para este cultivar para todas as alturas de manejo (CHAVES et al., 2013; GOMIDE et al., 2015; PEREIRA et al., 2017; SOUZA et al., 2021). Isso demonstra a influência significativa de outros fatores ambientais tais como temperatura e fotoperíodo na produção de gramíneas  $C_4$  em regiões subtropicais (HABERMAN et al., 2019). Nesse sentido, consideramos necessário adequar a avaliação da taxa de acúmulo de forragem com base em uma perspectiva fisiológica, como o tempo térmico ( $graus.dia^{-1}$ ), de forma tal que fosse possível calcular a produção de forragem em regiões com diversidade climática, como ocorre no Brasil.

Mesmo sendo verificado que as maiores alturas de manejo foram superiores em relação à taxa de acúmulo de forragem e densidade volumétrica do dossel (Figura 5 e 6), contudo, não houve diferença para a relação folha:colmo entre as alturas de manejo (Figura 7). Diferenças na estratégia de ocupação do espaço ao longo do processo de rebrota afeta os padrões de crescimento dos tecidos em pastos de capim-elefante pela necessidade de uma maior estrutura de suporte que otimize a captação de luz. Alturas do dossel maiores apresentam folhas com nervura central mais desenvolvida e colmos mais robustos (LEMAIRE e GASTAL, 1997), resultando numa massa de forragem mais pesada e densa (FERNANDES, et al., 2010). Além disso, pastos manejados em alturas superiores às correspondentes ao  $IAF_{crítico}$  caracterizam-se por apresentar maiores taxas de alongamento de colmo pela necessidade de

elevar o aparelho fotossintético e melhorar a captação de luz solar (Da SILVA et al. 2009). Em nosso estudo, a manutenção das taxas de alongamento de colmo possivelmente deve-se à mínima competição por luz entre as alturas de manejo, já que todos os dosséis forrageiros se encontravam em alturas inferiores ou iguais aquelas correspondentes ao  $IAF_{\text{crítico}}$ . Portanto, a variação no acúmulo de forragem nesta planta está relacionado diretamente à massa de folhas e seu fluxo de tecidos.

Hodgson (1990) considera que o acúmulo líquido de matéria seca numa planta forrageira é o resultado do balanço entre o crescimento e senescência dos tecidos a nível de perfilhos individuais. Desta forma, a produção do pasto passa pelo balanço de todos os perfilhos que compõem a comunidade de plantas (Da SILVA e PEDREIRA, 1997). Em geral, pastos manejados em alturas menores apresentam alta DPP e menor peso individual do perfilho, em contrapartida, pastos com maior altura apresentam baixa DPP e maior tamanho individual de perfilho (Da SILVA e PEDREIRA, 1997). Essa resposta adaptativa sobre a população de perfilhos foi explicada por Bircham e Hodgson (1983) como sendo o efeito de um mecanismo homeostático na planta para a manutenção da produção de forragem, desde que a DPP e o fluxo tecidos sejam inversamente afetados pelo peso do perfilho (MATTHEW et al., 1995).

Diferenças marcantes entre as alturas de manejo foram verificadas a partir do verão do primeiro ano de avaliação por meio de ajustes sobre a densidade populacional de perfilhos total (Figura 8), fluxo de tecidos (Figura 10) e tamanho do perfilho entre as alturas de manejo (Tabela 6). Na medida que as condições climáticas avançavam durante a época quente do ano, pastos submetidos às menores alturas de manejo apresentaram maiores valores de densidade populacional de perfilhos com menor tamanho daqueles manejados na altura correspondente ao  $IAF_{\text{crítico}}$ . Esse ajustes sobre a DPP e tamanho do perfilho confirma a ação do mecanismo compensatório para a manutenção da produção de forragem; entretanto, no início do segundo ano de avaliação houve uma mudança nos padrões de perfilhamento quando comparado ao ano anterior. Pastos nas alturas de 50 cm iniciam o crescimento com a menor DPP e tamanho do perfilho entre as alturas de manejo, sendo observado somente aumento na DPP durante o verão, embora não houvesse alteração no tamanho do perfilho.

Esse padrão de resposta põe em evidência dois fatores decisivos na dinâmica de crescimento: a menor DPP observada na primavera possivelmente é o resultado da menor disponibilidade de reservas radiculares logo após o inverno necessárias para o recrutamento de perfilhos e reconstituição de touceiras; segundo: aumento no recrutamento de perfilhos durante o verão com o intuito de aumentar a ocupação do espaço lateral e, minimizar a competição por recursos e luz solar com as plantas invasoras. O processo de emissão de perfilhos novos exige a alocação de fotoassimilados e nutrientes que provém da fotossíntese e das reservas de carboidratos não estruturais acumuladas pela planta. Segundo Lemaire et al. (2009), a formação de perfilhos é altamente exigente, especialmente durante a fase inicial de desenvolvimento, quando os tecidos ainda não são autotróficos. Neste cenário, cria-se uma competição interna por recursos que pode reduzir o crescimento de outras partes da planta, como a produção de novas folhas ou alongamento do colmo.

Em nosso estudo, foi verificado o efeito negativo que teve a estratégia de manejo do dossel nos pastos nas menores alturas de manejo sobre o filocrono e NFV, o que reflete a condição de estresse a qual esteve submetida a planta. O número de folhas vivas no perfilho apresenta pouca variabilidade devido a sua predeterminação genética (DAVIES, 1988) associada à plasticidade fenotípica (MATTHEW et al., 2000; LEMAIRE e CHAPMAN, 1996); entretanto, fatores externos como o manejo da desfolha podem alterar esse valor. Segundo Lemaire et al. (2009), a intensidade da desfolha pode reduzir a capacidade da planta de emitir novas folhas, uma vez que a planta precisa direcionar seus recursos para a recuperação dos tecidos removidos. No caso do capim-elefante anão, o número de folhas vivas varia entre 5,4 – 6,8 folhas.perfilho<sup>-1</sup> (ALMEIDA et al., 1997), podendo variar entorno de 1-2 folhas (Fernandes et al., 2016). Em nosso estudo pastos manejados a 50 e 65 cm diminuíram em média 1 folha por perfilho a partir do segundo ano, sugerindo uma possível perda da capacidade para a reposição do aparelho fotossintético após a desfolha com a consequente alteração da persistência e produtividade (HODGSON, 1990).

A taxa de aparecimento de folhas e comprimento de folha mostraram padrões de resposta similares ao relatado pela literatura entre as alturas de manejo, sendo que pastos submetidos a menor altura do dossel apresentam

perfilhos de menor tamanho e folhas menos compridas quando comparado com aqueles manejados a alturas superiores com perfilhos mais pesados. A taxa de aparecimento e alongamento foliar são influenciados por fatores genéticos e ambientais sendo os mais importantes a luz e a temperatura (PARSONS et al., 1983). Adicionalmente, o alongamento foliar também é influenciado pelo tamanho do perfilho (BERONE et al., 2007; SBRISSIA et al., 2018). Desta forma, pastos manejados em alturas de dossel maiores apresentam folhas mais compridas devido ao maior tempo que estas ficam no processo de crescimento antes de atingir a altura de entrada dos animais (VAN LOO, 1993). Em nosso experimento, pastos na altura de 80 cm apresentaram folhas 10 cm mais compridas, 50% menor taxa de aparecimento foliar e maior filocrono. Conforme o perfilho incrementa seu tamanho, a taxa de aparecimento foliar diminui, enquanto aumenta o comprimento da folha (ROBSON, 1973) e o filocrono (DURU et al., 1999, Da SILVA PENA et. al., 2009). Isto deve-se à expansão no comprimento da bainha entre folhas sucessivas em gramíneas eretas, incrementando o tempo para o surgimento das folhas acima do cartucho (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

A reconstituição do aparelho fotossintético responde à variação nas taxas de alongamento e senescência foliar, ou seja, fluxo de tecidos. Em geral, essas taxas apresentam a mesma tendência de variação ao longo da rebrota, sendo que pastos com dossel mais alto ou maior IAF apresentam maiores taxas de alongamento foliar relacionadas a maiores taxas de senescência; em contramão, pastos manejados mais baixos apresentam menor taxa de alongamento, porém menor taxa de senescência foliar, equilibrando assim a produção de forragem sob condições contrastantes do dossel (SBRISSIA et al., 2018). No caso do capim-elefante não foi verificado a mesma tendência no fluxo de tecidos, alterando as taxas de crescimento e senescência entre as alturas de manejo. Pastos nas alturas de 50 cm apresentaram taxas de senescência muito superior ao esperado, sendo similares daquelas observadas nas maiores alturas de manejo; entretanto, pastos nas maiores alturas de dossel mostraram equilíbrio nos padrões de variação de crescimento e senescência (Figura 10a e 10b).

A alteração nos valores de senescência foliar observada nos pastos manejados a 50 cm demonstra a condição de estresse da planta como resposta

ao manejo. Espera-se que o processo de senescência se intensifique progressivamente com o aumento do IAF, variando de forma paralela ao processo de crescimento, de forma tal que seja mantido o equilíbrio na produção forragem sob condições contrastantes do dossel (HODGSON, 1990; SBRISSIA et al., 2018; SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2007). A senescência foliar ocorre naturalmente nas folhas maduras, minimizando o gasto de energia para a manutenção de tecidos velhos com menor eficiência fotossintética (GUARENTE et al., 1998), porém, sob condições de estresse, converte-se numa estratégia de adaptação ao ambiente (NOODEN e LEOPOLD, 1988) que visa manter somente folhas jovens que contribuam para a manutenção dos tecidos (GUARENTE et al., 1998), priorizando a translocação de nitrogênio e fosforo para as folhas novas em detrimento das mais velhas (HILL, 1980).

Assim, a manutenção da produtividade nos pastos na menor altura de manejo decorre da aceleração na emissão de folhas e perfilhos para a restauração da área foliar pós-pastejo, promovendo uma maior taxa fotossintética por unidade de área em condições de elevada radiação incidente com disposição mais vertical no dossel que otimiza a utilização de luz (LAWLOR, 1995). Essa estratégia tem objetivo de acelerar o restabelecimento da aparelho fotossintético e manutenção da homeostase na planta após frequentes eventos de desfolha, contudo, tem um alto custo para a planta e afeta diretamente a dinâmica da produção de biomassa, uma vez que a constante perda de tecidos pela senescência e acelerada renovação de tecido foliar afeta diretamente o acúmulo de forragem (SBRISSIA e Da SILVA, 2001). Desta forma, é possível considerar que a variação na produção tenha origem multifatorial, sendo os principais: estrutura do dossel com folhas de menor tamanho que permitiu maior incidência de luz no estrato inferior na condição de pré e pós-pastejo, favorecendo a emissão de novos perfilhos e, portanto, acelerando a  $TAp_{foliar}$  e diminuindo o filocrono (SKINER e NELSON, 1995). Nestas condições do dossel, uma grande porção de perfilhos eram submetidas a pastejo antes de completar a expansão/maturidade foliar com a conseqüente decapitação do meristema apical; assim, na condição de pós-pastejo ocorrem dois processos de forma concomitante: a incidência de luz no estrato inferior do dossel promove o surgimento de novos perfilhos (PEDREIRA et al., 2001) e desencadeia a

senescência no tecido foliar remanescente. Essa dinâmica de manutenção do aparelho fotossintético através do constante surgimento de perfilhos e acelerada senescência do tecido foliar penaliza o acúmulo líquido de forragem e compromete a persistência.

Em pastos manejados sob lotação intermitente, a área foliar remanescente e a capacidade fotossintética deste tecido determinará a capacidade fotossintética do pasto, condicionando o início da rebrota (NABINGER, 1997). Sob condições de desfolhas frequentes ou remoção da maior parte do tecido foliar, a fixação de carbono pode ser insuficiente para assegurar a manutenção dos tecidos remanescentes e para a síntese de novo tecido (SBRISSIA e Da SILVA, 2001), permitindo a infestação de plantas invasoras. No segundo ano de produção estimou-se a infestação destas plantas para todas as alturas de manejo, sendo 2,6 e 1,8 vezes maior nas alturas de 50 cm e 65 cm respectivamente quando comparadas com os pastos manejados a 80 cm. A frequência de desfolha ou altura de manejo dos pastos são fatores a considerar no plano de controle das plantas invasoras, já que tem influência significativa sobre a produtividade e qualidade da forragem colhida (ZAILAN et al., 2016). Em pastos de capim-elefante, Brighenti e Oliveira (2019) e Silva et al. (2002) verificaram diminuição na produção de forragem pela presença plantas invasoras entorno dos 21- 42 dias de implantação, porém, quando o capim-elefante atinge alturas do dossel que correspondem à 95% IL, os níveis de infestação geralmente são baixos, devido ao efeito físico proporcionado pela cobertura/sombreamento, interferindo na germinação de sementes fotoblásticas positivas (MONQUERO et al., 2009).

É interessante salientar que em nosso estudo não foi verificada diferença na taxa de alongamento de colmo, possivelmente porque as alturas do dossel em nosso estudo foram similares ou inferiores ao IAF<sub>crítico</sub> do cultivar, gerando um ambiente onde a competição por luz no dossel seria baixa, não sendo necessária desencadear o alongamento do colmo para minimizar a perda de tecido fotossinteticamente ativo nos estratos inferiores do dossel produto do sombreamento. Outro fator a considerar para a ausência de variação para a taxa de alongamento do colmo em nosso experimento foi a interrupção do crescimento da biomassa aérea pelas condições climáticas invernais, marcado

por baixas temperaturas e frequentes geadas, que coincidiram com a época reprodutiva do capim-elefante: junho-julho (HOLM et al., 1977), minimizando o efeito do alongamento natural do colmo para o surgimento da inflorescência (PORTES SILVA et al., 2019). Essa variável morfogênica é importante nas gramíneas tropicais, principalmente nas de crescimento ereto (SBRISSIA e Da SILVA, 2001) devido à grande influência que tem a massa do colmo sobre o acúmulo de forragem. Aumento na proporção de colmo na massa de forragem em detrimento das folhas afeta de forma negativa o valor nutritivo da matéria seca produzida (ALDEN e WHITAKER, 1970).

A produção de forragem respondeu à esperada distribuição sazonal característica das gramíneas tropicais como o capim-elefante, concentrando-se nas épocas do ano com maior temperatura e fotoperíodo, as quais geralmente ocorrem durante o final da primavera e verão, condicionado à ausência de restrições hídricas ou nutricionais (BARIONI et al., 2003; MENDOÇA e RASSINI, 2006; VILLA NOVA et al., 1999; SIMONETTI et al., 2019). Em nosso experimento, independentemente da altura de manejo dos pastos, 73% da biomassa foi produzida no período mais quente e cerca de 50% somente no verão (Figura 5). As plantas de origem tropical são fotossinteticamente mais eficientes sob condições de alta radiação solar e temperatura, devido a sua habilidade no uso de altos níveis de densidade do fluxo fotônico sem apresentar saturação (GUARDA e MOTTA CAMPOS, 2014). Além disso, a relação positiva entre temperatura e velocidade das reações enzimáticas ligadas à fotossíntese, resultam em maiores taxas de carboxilação (BERRY e FARQUHAR, 1978).

Neste tipo de planta, a temperatura ideal para o crescimento encontra-se entre 12/16 – 30/35 °C (VILLA NOVA et al., 1999), temperaturas acima ou abaixo destes valores limites comprometem a produção, principalmente no extremo inferior (JONES, 1982). A variabilidade nas condições climáticas em áreas de maior altitude ou regiões de maior latitude são a principal causa da distribuição sazonal da produção em plantas tropicais C<sub>4</sub> (Da SILVA, 1995). Mesmo que a duração do fotoperíodo tenha influência no crescimento das plantas (ROLIM, 1980), o fator ambiental preponderante é a temperatura (CORSI, 1976; CORRÊA et al., 2006). Portanto, a variação ao longo do período experimental no acúmulo de forragem observado para todas as alturas de manejo é o resultado do menor

tempo térmico observado no segundo ano de avaliação. Isto deve-se à extensão das condições inverniais com maiores eventos de geada e neve que se prolongaram até meados da primavera.

## 5.7 CONCLUSÕES

Pastos de capim-elefante BRS Kurumi apresentam flexibilidade no manejo das metas de altura em pré-pastejo e podem ser manejados em alturas pré-pastejo entre 65-80 cm. Cabe salientar, entretanto, que essa amplitude é menor que aquela normalmente observada em plantas de porte mais baixo e/ou de crescimento estolonífero.



## 6. MANEJO DO PASTEJO EM PASTOS DE CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI SOB LOTAÇÃO INTERMITENTE. DINÂMICA POPULACIONAL E MECANISMOS DE PERSISTÊNCIA

### 6.1 RESUMO

Em pastos de gramíneas perenes a persistência é garantida pela estabilidade no processo de renovação dos perfilhos. A manutenção da população de perfilhos na comunidade de plantas é modulada pelo manejo da desfolha como fator regulador da radiação solar interceptada pelo dossel forrageiro por meio da ação do mecanismo homeostático que regula a densidade populacional de perfilhos e o tamanho de perfilho. Apesar disto, existem limites nos ajustes populacionais que a planta pode exercer para a manutenção da homeostase, apresentando variação em relação à espécie forrageira. O objetivo deste trabalho foi identificar a estabilidade populacional de pastos formadores de touceiras sob diferentes alturas de manejo do dossel na condição de pré-pastejo através da avaliação nos padrões demográficos e identificar os mecanismos que determinam a persistência quando manejado sem restrições nutricionais. Assim, foi conduzido um protocolo experimental composto por pastos de capim-elefante cultivar BRS Kurumi que foram manejados em três alturas do dossel no pré-pastejo (50, 65 e 80 cm) com a mesma proporção de severidade de desfolha (50%), gerando alturas em pós-pastejo de 25, 32 e 40 cm, respectivamente. O delineamento experimental consistiu em blocos completos casualizados, com três repetições, totalizando nove unidades experimentais (piquetes de 145 m<sup>2</sup>). O experimento foi conduzido ao longo de dois anos (2021-2023) no campo experimental da UDESC/CAV. Durante todo o período experimental, a densidade populacional de perfilhos foi contabilizada mediante duas touceiras alocadas nas unidades experimentais para determinar o padrão demográfico e a estimação das taxas de surgimento e mortalidade dos perfilhos. Também foi avaliada a dinâmica da população de touceiras. Nossos resultados indicam que a adoção de alturas do dossel inferiores a 65 cm no pré-pastejo promovem mudanças sobre a unidade fisiológica (touceira) e na proporção de perfilhos basais, resultando no comprometimento da persistência do pasto ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Plasticidade fenotípica, manejo da desfolha, padrões demográficos.

### 6.2 ABSTRACT.

In perennial grass pastures, persistence is ensured by stability in the tiller renewal process. The maintenance of the tiller population within the plant community is modulated by grazing management as a regulatory factor for solar radiation intercepted by the forage canopy, through the action of a homeostatic mechanism that regulates tiller population density and tiller size. Despite this, there are limits to the population adjustments that the plant can make to maintain homeostasis,

with variations depending on the forage species. The objective of this study was to identify the population stability of tuft-forming pastures under different canopy heights in pre-grazing conditions by evaluating demographic patterns and identifying the mechanisms that determine persistence when managed without nutritional restrictions. Thus, an experimental protocol was conducted, consisting of pastures of elephant grass cultivar BRS Kurumi, which were managed at three pre-grazing canopy heights (50, 65, and 80 cm) with the same proportion of defoliation severity (50%), resulting in post-grazing heights of 25, 32, and 40 cm, respectively. The experimental design consisted of randomized complete blocks with three replicates, totaling nine experimental units (145 m<sup>2</sup> paddocks). The experiment was conducted over two years (2021-2023) at the UDESC/CAV experimental field. Throughout the experimental period, the tiller population density was monitored using two tufts allocated in the experimental units to determine the demographic pattern and estimate the rates of tiller emergence and mortality. The dynamics of the tuft population were also evaluated. Our results indicate that adopting canopy heights below 65 cm in pre-grazing promotes changes in the physiological unit (tuft) and in the proportion of basal tillers, resulting in compromised pasture persistence over time.

**Key-words:** Phenotypic plasticity, defoliation management, demographic patterns.

### 6.3 INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção animal em pasto, o manejo eficaz visa utilizar espécies forrageiras perenes que rebrotam após pastejos sucessivos, mantendo a estabilidade da população de perfilhos e a persistência da pastagem, fatores de grande impacto econômico (BOUTON, 2012; LUDEMANN et al., 2015). A persistência em gramíneas ocorre pela capacidade de manter a população de perfilhos estável e a produção de forragem ao longo do tempo (BOUTON, 2012; JAYASINGHE et al., 2023). Isso é alcançado pelo recrutamento e substituição de perfilhos, associada a uma alta taxa de surgimento e sobrevivência de perfilhos (MATTHEW et al., 2000). A dinâmica populacional depende da genética e é influenciada por estratégias de manejo e fatores bióticos, como precipitação, temperatura, luminosidade e disponibilidade de nutrientes (MATTHEW et al., 1993; 2000). Assim, a dinâmica de surgimento e senescência de perfilhos, juntamente com os padrões sazonais dos perfilhos sobreviventes, determinam a densidade populacional no pasto (CAMINHA et al., 2010).

A persistência das pastagens é influenciada por fatores ambientais, como baixa disponibilidade de nutrientes (CRUZ et al., 2021), substâncias tóxicas no

solo (COSTA et al., 2019) e estratégias de manejo da desfolha (CRUZ et al., 2021; NASCIMENTO JUNIOR e ADESE, 2004). Em pastagens com lotação intermitente, após a desfolha, a maior penetração de luz no estrato inferior do dossel estimula as gemas, aumentando a densidade de perfilhos (GAUTIER et al., 1999). Quando a área foliar é restaurada, ocorre competição por luz entre os perfilhos e dormência das gemas, reduzindo a taxa de surgimento e densidade de perfilhos (YUAN et al., 2020; CASAL et al., 1987; LANGER, 1963; PACIULLO et al., 2011). Esse mecanismo de compensação entre tamanho e densidade do perfilho (MATTHEW et al., 1995) resulta em pastos baixos com muitos perfilhos pequenos e pastos altos com menos perfilhos grandes, equilibrando peso e quantidade de perfilhos (GRANT et al., 1983; LAMBERT et al., 1986; DAVIES, 1988; SBRISSIA e Da SILVA, 2008; SBRISSIA et al., 2018).

A dinâmica populacional de perfilhos é crucial para a estabilidade das pastagens. A estabilidade é mantida quando não há variação na composição botânica ao longo do tempo e é instável quando ocorrem mudanças na população de perfilhos durante ciclos de pastejo sucessivos (JONES e MOTT, 1980). Monitorar as mudanças na dinâmica de surgimento, sobrevivência e mortalidade dos perfilhos permite identificar e quantificar a perda de estabilidade da pastagem, além de prever a possível substituição por espécies invasoras (JAYASINGHE et al., 2023).

O capim-elefante é uma gramínea forrageira alta que cresce formando touceiras, expandindo-se lateralmente por perfilhos basais e verticalmente por perfilhos aéreos (PEREIRA et al., 2014; RYEL et al., 1994; PEREIRA et al., 2013). As touceiras são formadas por perfilhos conectados, mas independentes em termos de fotoassimilados e hormônios, formando unidades fisiológicas integradas (WATSON, 1986). Essa estrutura permite alta densidade de perfilhos basais, garantindo a ocupação do solo e reduzindo a presença de plantas invasoras (CASTILLO et al., 2003; PEREIRA et al., 2014). À medida que a planta cresce, ela prioriza o alongamento do colmo, elevando o meristema apical, que fica vulnerável ao pastejo (SOUZA, 2012; PEREIRA et al., 2013). Perfilhos aéreos dominam o acúmulo de forragem em alturas próximas a 95% IL, responsáveis por até 60% do total (STUEFER, 1998; PACIULLO et al., 2003). Sob desfolha severa, a densidade de perfilhos basais aumenta devido à maior

luz disponível, enquanto desfolhas lenientes favorecem perfilhos aéreos, demonstrando a plasticidade fenotípica da espécie (PEREIRA et al., 2014).

Nesse tipo de planta, quando manejada na altura correspondente ao  $IAF_{crítico}$ , há uma prioridade em desenvolver uma estrutura robusta para sustentar a biomassa aérea, o que limita sua capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças no ambiente, em comparação com gramíneas de porte menor e crescimento mais disperso (GARNIER et al., 1997; GRIME, 2001). Isso pode resultar em menor resiliência e produtividade sob condições de estresse (CHAPMAN et al., 1994; LEMAIRE et al., 2009). A capacidade de realizar ajustes na densidade populacional de perfilhos e na dinâmica de touceiras quando manejadas em alturas inferiores ao  $IAF_{crítico}$ , visando à manutenção da produção de forragem, ainda é desconhecida. A compreensão destes fatores é essencial para o manejo eficaz dessas plantas em sistemas de pastagens, principalmente quando o objetivo é a verificação da existência da flexibilidade de manejo das metas de altura inferiores ao  $IAF_{crítico}$  e seu efeito na persistência do pasto ao longo do tempo.

Partindo do princípio de que estudos demonstram a habilidade das plantas de realizar ajustes para a manutenção da homeostase por meio do mecanismo compensatório tamanho e densidade populacional de perfilhos em alturas do dossel inferiores ao  $IAF_{crítico}$ , manejadas no sistema de lotação intermitente (GOMES, 2019; MOCELIN et al., 2022; SBRISSIA et al., 2018), hipotetizamos que o capim-elefante pode alterar a dinâmica populacional de perfilhos e adaptar sua rota de persistência de acordo com a estratégia de manejo da altura do dossel em pré-pastejo, quando manejado sem restrições nutricionais.

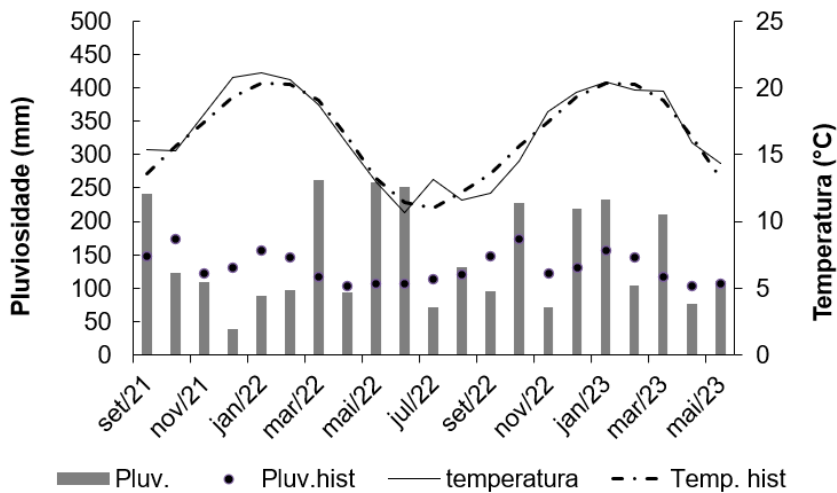
## 6.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.4.1 Local e condições do experimento

O experimento foi conduzido no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages – SC – Brasil, localizado nas coordenadas geográficas 27° 48' 58" latitude sul e 50° 19' 34" longitude oeste e altitude entorno de 930 metros acima do nível do mar. A

classificação de Köppen para o clima da região é Cfb, caracteriza-se por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do ano, verões amenos e durante o inverno é frequente que ocorram geadas (ALVARES et al., 2013), ocasionando a paralização do crescimento da biomassa aérea do capim-elefante até inícios da primavera. O período experimental iniciou-se em setembro de 2021 e finalizou em maio de 2023. Na Figura 11 estão apresentadas as variáveis climáticas de precipitação mensal (mm), temperatura média do ar (°C) durante o período experimental (excetuando a época fria do ano) e médias históricas de 85 anos.

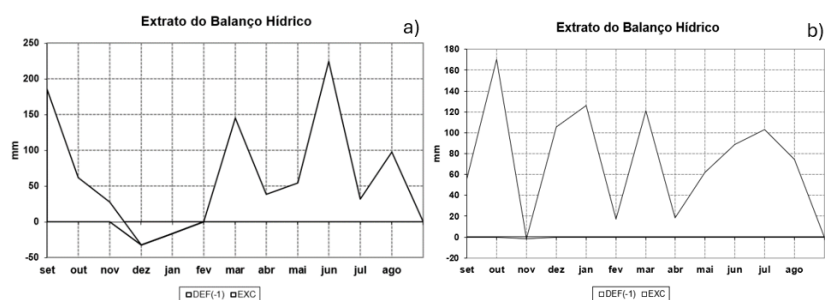
Figura 11 - Precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) observadas ao longo do período experimental e suas respectivas médias históricas de 1948 a 2016.



Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2023

O balanço hídrico foi calculado considerando a capacidade de água disponível no solo de 100 mm, utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) com base nos dados históricos 2021-2023 (EPAGRI-CIRAM, 2023), apresentados na Figura 12.

Figura 12 - Balanço hídrico dos anos 2021-2022 (a) e 2022-2023 (b)



Fonte: Empresa de pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CIRAM, 2023

No local do experimento existia desde 2014 uma pastagem mista formada por *Cenchrus clandestinus* e *Lolium arundinaceum* que faziam parte de um protocolo experimental anterior (BERNARDON et al., 2021; MIQUELOTO et al., 2020). Para a implantação do capim-elefante foi necessário dessecar a área durante os meses de novembro/dezembro de 2020. A área possui solo classificado como Cambissolo Húmico Alumínico Típico (EMBRAPA, 2006), que apresentava no início do período experimental as seguintes características físico-químicas na camada 0 a 20 cm de profundidade descritas na Tabela 8. Com base nesses resultados, foi realizada a correção de acidez do solo utilizando 2.1 Ton. ha<sup>-1</sup> de calcário. A implantação do pasto foi realizada em janeiro de 2021 por meio de estacas vegetativas alocadas em fileiras com arranjo espacial de 0.65 x 0.65 m. Após a implantação do pasto, toda a área experimental foi vedada até o início da época quente do ano na região que se inicia em meados da primavera. Posteriormente, o pasto foi roçado mecanicamente a 15 cm de altura para a remoção da palhada resultante da época fria (outono/inverno).

Tabela 8 - Características físico-químicas de amostra de solo proveniente da área experimental coletada no perfil 0 – 20 cm.

	MO	Arg.	Sat. Bas.	Ca	Mg	H+ Al	CTC*	P	K	
	pH	-----%-----		----- cmolc.dm <sup>-3</sup> -----			--mg.dm <sup>-3</sup> --			
<b>0-20</b>	4.7	4.1	32.5	62.2	7.4	4.6	7.4	12.5	11.8	117

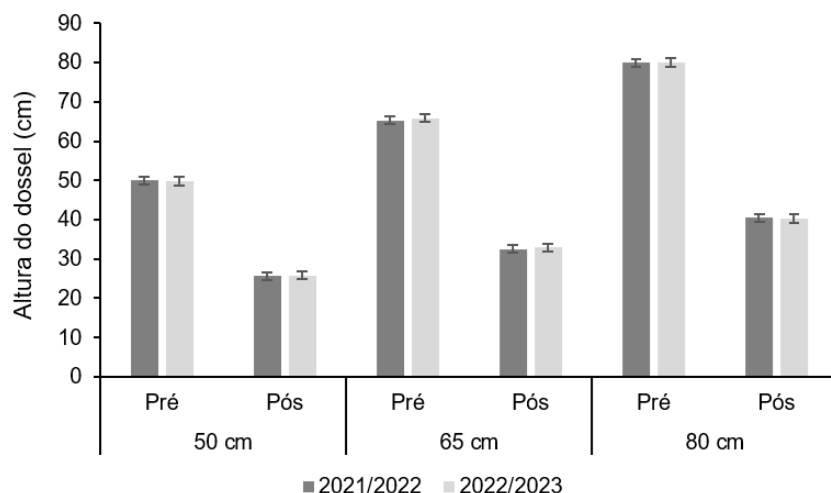
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.  
CTC\* em pH 7.0

#### 6.4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados (DBC) com três repetições. Os tratamentos corresponderam a três alturas de dossel em pré-pastejo de 50 cm, 65 cm e 80 cm associados a severidade de desfolha de 50%, gerando alturas residuais no pós-pastejo de 25 cm, 32 cm e 40 cm respectivamente. Cada unidade experimental (piquete) possuía 145 m<sup>2</sup>, totalizando uma área útil de piquetes de 1305 m<sup>2</sup>. As alturas meta no pré-pastejo foram determinadas tomando em consideração a existência da flexibilidade no acúmulo de forragem observada em estudos realizados em gramíneas de porte baixo/médio de crescimento cespitoso/estolonífero (SBRISSIA et al., 2018, GOMES, 2019, MOCELIN et al., 2022). A amplitude dessa flexibilidade encontra-se entorno de 65% da altura do dossel na qual a interceptação da radiação incidente corresponde a 95%, conhecido como IAF<sub>crítico</sub>.

Os pastos foram manejados sob lotação intermitente e o controle da altura do dossel foi realizada com o auxílio de uma régua graduada, registrando-se a média da altura de 30 pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental (Figura 13). O monitoramento das alturas meta foi realizado periodicamente a fim de manter o controle sobre a altura do dossel e assegurar as estratégias de manejo. Quando o pasto atingir a altura meta no pré-pastejo a desfolha era realizada por duas novilhas leiteiras da raça Holandesa pertencentes ao plantel do programa leiteiro da UDESC/CAV, com peso médio de 410 kg e alocadas em cada unidade experimental até chegar na altura meta no pós-pastejo, depois disso eram retiradas da área.

Figura 13 – Metas de manejo em pré e pós-pastejo em pastos de capim-elefante ao longo de dois anos experimentais



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Pré ano 1 – Altura no pré-pastejo no ano 1. Pós ano 1 - Altura no pós-pastejo no ano 1. Pré ano 2 – Altura no pré-pastejo no ano 2. Pós ano 2 - Altura no pós-pastejo no ano 2.

Foram realizadas adubações nitrogenadas que totalizaram 400 Kg. ha<sup>-1</sup> de N por ano. Essa quantidade foi fracionada em três doses de 150, 150 e 100 kg. ha<sup>-1</sup> de N respectivamente, aplicadas no início de cada estação com exceção do inverno, em dias com condições climáticas adequadas (ao menos 20 mm de precipitação).

### 6.4.3 Variáveis analisadas

#### 6.4.3.1 Demografia do perfilhamento

A demografia populacional de perfilhos foi avaliada em duas touceiras, marcadas com estacas coloridas em cada piquete, representativas da condição inicial do pasto na primavera de cada ano de produção e, permaneceu a mesma durante todo o período experimental. A cada três semanas, independentemente da condição de pré ou pós-pastejo no dossel, procedia-se a contagem de todos



os perfilhos presentes em cada touceira, sendo classificados como basais (perfilhos enraizados que se originaram de gemas basais) e aéreos (perfilhos originados de gemas axilares). A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi formada pela soma dos perfilhos basais e aéreos. Na primeira avaliação (novembro de 2021) foram marcados todos os perfilhos presentes na touceira, denominada “geração zero”. Após 21 dias, foram contabilizados os perfilhos vivos (denominados de perfilhos sobreviventes) e ao mesmo tempo, identificou-se os perfilhos que surgiram durante esse período, denominados “primeira geração”. A cada três semanas, realizou-se a contagem dos perfilhos sobreviventes de cada geração ( $G_0$  e  $G_1$ ) e identificação dos novos perfilhos surgidos durante esse novo intervalo. Assim, continuou-se sucessivamente ao longo de todo o período experimental com a exceção do inverno. As marcações dos perfilhos eram realizadas com arames de cores diferentes para cada tipo de perfilho e gerações. No primeiro ano de avaliação a marcação dos perfilhos que formaram a geração “0” iniciou-se em novembro de 2021, totalizando sete gerações no total. Já no segundo ano, a geração “zero” foi marcada em dezembro de 2022, o atraso na marcação deveu-se à prolongação das condições climáticas típicas do inverno até o mês de outubro, sendo promissórias para o crescimento do capim-elefante a partir de novembro de 2023. Neste ano de avaliação o total de gerações avaliadas foi de seis.

É importante salientar que os dados da demografia do perfilhamento foram agrupados em relação às estações do ano: primavera corresponde as avaliações feitas entre os dias 0 – 21 nos dois anos de avaliação, verão entre os dias 22-138 no primeiro ano e 22-111 no segundo ano de avaliação e, outono entre os dias 139-185 no primeiro ano e 112-161 no segundo ano.

#### **6.4.3.2 Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos**

A partir dos dados coletados da demografia populacional de perfilhos foram calculadas as taxas de aparecimento ( $T_{ap}$ ), mortalidade ( $T_{mp}$ ) e sobrevivência ( $T_{sp}$ ) de perfilhos basais e aéreos. As taxas de aparecimento de perfilhos foram obtidas dividindo-se o número de perfilhos surgidos pelo número total de perfilhos existentes na marcação anterior. As taxas de sobrevivência foram calculadas a partir da divisão do número total de perfilhos vivos de uma geração

(sem considerar os perfilhos surgidos nesse período) pelo número total de perfilhos existentes na marcação anterior. As taxas de mortalidade foram calculadas subtraindo-se a taxa de sobrevivência de um (1,0).

#### 6.4.3.3 Meia-vida dos perfilhos

A partir do número de perfilhos sobreviventes da mesma geração em avaliações sucessivas, pode-se estimar o tempo da meia-vida de cada geração de perfilhos, com base em seu decréscimo exponencial. Para realizar esse cálculo foi utilizada a equação apresentada por Korte (1986):

$$t_{1/2} = \ln 2 / b$$

(3)

Sendo que:  $t_{1/2}$  é o tempo (dias) para que uma geração apresente a morte de 50% de sua população e,  $b$  é o coeficiente da regressão exponencial oriunda da redução no número de perfilhos sobreviventes ao longo das avaliações (tempo). Em nosso trabalho a equação foi modificada para apresentar os dados em relação aos graus-dia<sup>-1</sup>. Para isso, o valor de  $b$  foi substituído pela soma térmica de cada geração em cada avaliação. Assim,  $t_{1/2}$  corresponde à soma térmica (graus-dia<sup>-1</sup>) para que uma geração apresente a morte de 50% de sua população.

#### 6.4.3.4 Peso médio do perfilho

Para mesurar o peso/tamanho dos perfilhos, nos pastos foram coletadas três amostras aleatórias em pontos representativos da condição média de altura do dossel usando uma moldura metálica de 1m<sup>2</sup> (100 x 100 cm) no nível do solo durante a época quente de cada ano (primavera e verão). O material coletado foi levado ao laboratório e fracionado manualmente nos componentes: capim-elefante, material morto e outras plantas, denominadas invasoras. Toda a massa de forragem foi separada em lâminas foliares e colmo (colmo + pseudo-colmo). Os componentes da amostra foram secos em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) por 120 horas e, posteriormente, pesados para determinação do peso seco (g). Utilizando a massa seca das lâmina foliares e do colmo (g) foi possível

calcular o peso médio do perfilhos basal e aéreo (PMP, g/perfilho<sup>-1</sup>), como sendo a somatória da massa seca de forragem (folha + colmo) dividido entre o número de perfilhos contidos na amostra.

#### 6.4.3.5 Dinâmica de touceiras

A dinâmica de touceiras foi quantificada pela medição, durante a primavera, verão e outono das seguintes variáveis: a) densidade de touceiras (número de touceiras.m<sup>-2</sup>) e b) atributos de touceira formado pela dimensão da base e copa da touceira (cm) e a frequência de touceiras, como sendo a distância entre touceiras próximas (cm). A avaliação da densidade de touceiras sempre foi realizada quando os pastos se encontravam no pós-pastejo. Essa condição facilitava a observação das touceiras durante a medição. Em cada piquete foi alocada uma faixa com área de 40 m<sup>2</sup>, a qual permaneceu constante durante todo o período experimental, e todas as touceiras contidas foram contabilizadas e classificadas em função da presença dentro da área de avaliação, sendo estabelecido um valor numérico para cada condição: 1 se a touceira encontrava-se totalmente dentro da área de avaliação, ½ se somente a metade da touceira encontrava-se totalmente dentro da área de avaliação, ¾ se entorno de 75% da touceira encontrava-se totalmente dentro da área de avaliação e ¼ se entorno de 25% da touceira encontrava-se totalmente dentro da área de avaliação. Dividindo-se a somatória de todas as touceiras contidas na faixa pela área da faixa obteve-se a densidade de touceiras.

As avaliações para estimar os atributos de touceira foram sempre realizadas quando os pastos se encontravam na altura meta de pré-pastejo e antes do evento de desfolha. Para isso, foram distribuídas ao longo do piquete duas transectas e, a cada cinquenta centímetros foi selecionada uma touceira ao acaso, na qual foram medidas o diâmetro da base e da copa (cm). Esse procedimento foi repetido até atingir vinte touceiras por piquete. A frequência de touceira foi calculada mediante a avaliação visual da presença ou ausência de touceiras a cada cinquenta centímetros em duas transectas alocadas em cada piquete. A partir da coleta desses dados foi possível calcular a distância média entre touceiras em cada piquete.

Também foi avaliado o efeito supressivo das alturas de manejo do dossel sobre a emergência de plantas daninhas. Realizou-se avaliação da massa seca da parte aérea das plantas daninhas quando os pastos se encontravam na condição de pré-pastejo no verão do segundo ano de avaliação. Essa avaliação foi realizada somente durante o segundo ano de avaliação já que a presença destas plantas somente foi considerada como significativa a partir deste período. No ano anterior, todos as alturas de manejo apresentavam baixa presença de plantas invasoras e todos foram similares entre se.

Para calcular a massa de plantas invasoras foram selecionadas visualmente cinco pontos por unidade experimental representativos da altura média do piquete e participação de plantas invasoras. Logo depois foi utilizado uma moldura metálica de 1m<sup>2</sup> (100 x 100 cm) para coletar toda a biomassa aérea de todas as espécies que não fossem capim-elefante e o material coletado armazenado em sacos de papel previamente identificados e levada a estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 72 horas ou até atingir peso estável. Após esse período, o peso seco do material foi obtido em balança analítica para quantificação da matéria seca. Com essa informação foi possível estimar a massa das plantas invasoras em cada tratamento (kg MS.ha<sup>-1</sup>).

#### **6.4.4 Análise estatística**

Como os tratamentos foram manejados por meio de cortes baseados em altura, as datas do corte não foram similares entre os tratamentos ao longo de todo período experimental. Assim, todas as variáveis coletadas foram distribuídas para cada estação do ano, com a exceção do inverno. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk no software estatístico InfoStat 2008. Para selecionar a matriz de covariância que melhor se adequasse a cada conjunto de dados foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC; WOLFINGER, 1993). A análise de variância de dados (ANOVA) foi realizada segundo o procedimento padrão de cálculo do software estatístico InfoStat 2008, as médias foram comparadas através do teste “LSD Fisher” adotando níveis de significância de 5%.

Foram utilizadas no modelo estatístico os efeitos isolados de altura, estação do ano e ano de avaliação, dependendo da variável também foi incorporado no análise o efeito tipo de perfilho. Também foram utilizadas as interações entre altura x estação do ano, altura x ano e altura x ano x estação do ano. No texto somente foram apresentados os efeitos que foram estatisticamente significativos ( $P < 0,05$ ).

## 6.5 RESULTADOS

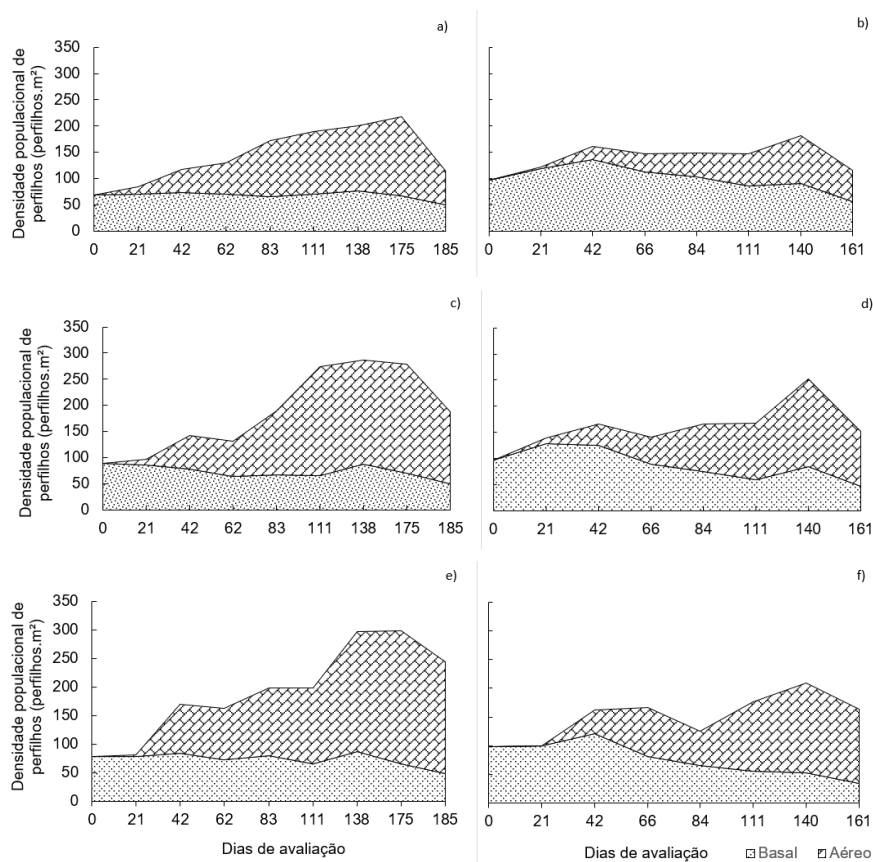
A densidade populacional de perfilhos (Figura 14) variou pelo ano de avaliação ( $P = 0,04$ ), estação ( $P < 0,0001$ ) e interação estação x ano de avaliação ( $P = 0,007$ ), entretanto, não houve diferença entre as alturas de manejo, sendo em média  $80 \pm 10$  perfilhos.m<sup>-2</sup> ( $P = 0,06$ ). Independentemente da altura de manejo do dossel, a densidade populacional de perfilhos aumentou conforme as condições climáticas foram mais favoráveis para o desenvolvimento de uma gramínea tropical. Desta forma, ao longo de todo o período experimental a primavera foi a estação do ano com a menor DPP, em média  $90 \pm 10$  perfilhos.m<sup>-2</sup>; seguido do verão com população média entorno de  $160 \pm 10$  perfilhos.m<sup>-2</sup>. Já outono mostrou-se superior com uma população média entorno de  $200 \pm 10$  perfilhos.m<sup>-2</sup>.

Durante o primeiro ano de avaliação, todas as alturas de manejo mantiveram um padrão de perfilhamento similar: na primavera as touceiras foram formadas quase exclusivamente por perfilhos basais, os quais estabilizaram a sua participação com a chegada do verão. A partir desse momento, iniciou-se o aumento progressivo da participação dos perfilhos aéreos, atingindo seu máximo valor durante o outono. Essa resposta manteve-se constante até a chegada da geada, que ocasiona a paralização do crescimento da espécie até a seguinte primavera (Figura 14a, 14c e 14e).

Durante segundo ano foi observado aumento na densidade populacional de perfilhos durante a primavera para as alturas de manejo de 50 e 65 cm, já pastos manejados a 80 cm mostraram pouca variação. Na menor altura de manejo do dossel, a população de perfilhos basais continuou crescendo ainda durante o verão, trazendo como consequência a redução na participação de

perfilhos aéreos ao longo do verão e outono (Figura 14b). Nos pastos manejados a 65 e 80 cm observou-se estabilidade na população de perfilhos basais com o início do verão, embora também foi observada redução na participação de perfilhos aéreos ao longo do verão e outono (Figura 14d e 14e).

Figura 14 – Diagrama populacional de perfilhos em pastos de capim elefante manejados a 50 cm (a, b), 65 cm (c, d) e 80 cm (e, f) em pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação, respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao considerar somente a população de perfilhos basais (Tabela 9), observou-se efeito de estação ( $P=0,0001$ ), ano de avaliação ( $P=0,002$ ), interação altura x ano ( $P=0,05$ ) e estação x ano de avaliação ( $P=0,05$ ). Pastos

manejados a 50 e 65 cm apresentaram aumento na DPP basal durante o segundo ano de avaliação, principalmente nos pastos manejados a 50 cm, onde o incremento foi entorno de 46%. Pastos na altura de manejo de 80 cm mostraram estabilidade ao longo de todo o período experimental, resultando na menor densidade de perfilhos entre as alturas de manejo no segundo ano de avaliação.

Independentemente da altura de manejo do dossel, durante o primeiro ano de avaliação não houve variação na densidade populacional de perfilhos basais entre as estações do ano, porém durante a primavera e verão do segundo ano houve aumento na DPP basal, entorno de 45%. Resposta contrária foi observada no outono desse ano, com redução da DPP basal até valores inferiores quando comparada com o ciclo anterior.

Tabela 9 - Densidade populacional de perfilhos basais (perfilhos.m<sup>-2</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel e estação do ano na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

	Altura de manejo (cm)			Média
	50	65	80	
2021/2022	67 ± 6 <sup>Bb</sup>	76 ± 6 <sup>Ba</sup>	72 ± 6 <sup>Aa</sup>	71 ± 6 <sup>b</sup>
2022/2023	98 ± 6 <sup>Aa</sup>	90 ± 6 <sup>Ab</sup>	80 ± 6 <sup>Ac</sup>	90 ± 6 <sup>a</sup>
Média	82 ± 6 <sup>a</sup>	83 ± 6 <sup>a</sup>	76 ± 6 <sup>a</sup>	
	Estação do ano			
	Primavera	Verão	Outono	
2021/2022	77 ± 6 <sup>Ba</sup>	71 ± 6 <sup>Ba</sup>	66 ± 6 <sup>Aa</sup>	71 ± 6 <sup>b</sup>
2022/2023	98 ± 6 <sup>Aa</sup>	108 ± 6 <sup>Aa</sup>	65 ± 6 <sup>Ab</sup>	90 ± 6 <sup>a</sup>
Média	87 ± 6 <sup>a</sup>	89 ± 6 <sup>a</sup>	66 ± 6 <sup>b</sup>	

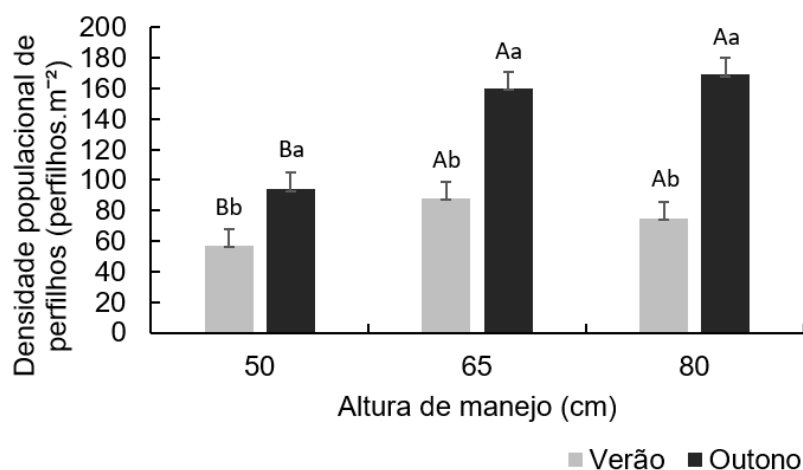
Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em pastos de capim-elefante a participação de perfilhos aéreos na primavera foi muito baixa, representando apenas 4% da população total de perfilhos, motivo pelo qual somente foram consideradas as estações de verão e outono para a avaliação. Desta forma, a densidade populacional de perfilhos (Figura 15) foi alterada pela altura do dossel (P=0,01), estação (P<0,0001), ano de avaliação (P<0,0001) e interação altura de manejo x estação (P=0,04). Independentemente do ano de avaliação, a menor população de perfilhos aéreos foi observada nos pastos manejados a 50 cm durante o verão, já pastos

manejados a 65 e 80 cm se mostraram superiores e similares entre si. O outono foi a estação do ano com maior participação de perfilhos aéreos para todas as alturas de manejo, embora, a maior densidade foi observada nas maiores alturas de manejo do dossel.

Figura 15 - Densidade populacional de perfilhos aéreos (perfilhos.m<sup>2</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para a altura de manejo e minúscula para a estação não diferem entre si pelo teste LSD (P <0,05)  
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A taxa de aparecimento de perfilhos (Tap, Tabela 10) foi alterada pelo tipo de perfilho (P<0,0001) e interação altura de manejo x ano de avaliação (P=0,02). Em geral, a taxa de aparecimento de perfilho foi de  $0,32 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Independentemente da altura de manejo do dossel ou ano de avaliação, a maior taxa de aparecimento foi observada nos perfilhos aéreos, em média  $0,41 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; já a taxa de aparecimento dos perfilhos basais foi de  $0,23 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Durante o primeiro ano de avaliação a maior taxa de aparecimento foi observada nos pastos manejados a 80 cm, já as menores alturas do dossel se mostraram inferiores e semelhantes entre si. Entretanto, durante o segundo ano de avaliação essa resposta foi alterada devido à igualdade observada entre as alturas de manejo. Essa



mudança no padrão deve-se ao aumento observado nos pastos manejados a 65 cm, os quais passaram de 0,28 a  $0,36 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup> durante o segundo ano e, à redução na taxa de aparecimento nos pastos manejados a 80 cm, os quais passaram de 0,4 a  $0,29 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Contudo, pastos manejados a 50 cm de altura não apresentaram variação ao longo de todo o período experimental, sendo em média  $0,31 \pm 0,03$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>.

Ao considerar a estação do ano para a taxa de aparecimento de perfilhos (Tabela 10) foi alterada pela altura de manejo ( $P=0,001$ ), estação ( $P=0,001$ ), ano de avaliação ( $P=0,0001$ ) e pela interação altura x ano de avaliação ( $P=0,02$ ), estação x ano de avaliação ( $P=0,0006$ ). No primeiro ano de avaliação todas as alturas de manejo foram similares entre si, em média  $0,38 \pm 0,06$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; Entretanto, durante o segundo ano foi verificado aumento nas menores alturas do dossel, em média  $0,62 \pm 0,06$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; Já pastos na altura de 80 cm mantiveram-se estáveis. Por outro lado, houve pouca variação na Tap ao longo de todo o período experimental, sendo somente inferior durante a primavera do primeiro ano, em média  $0,18 \pm 0,06$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Neste período a Tap foi 1,5 vezes menor quando comparado com o segundo ano de avaliação, em média  $0,56 \pm 0,06$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Ao considerar a estação do ano, a maior Tap foi verificada no verão, em média  $0,56 \pm 0,04$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>, já outono e primavera foram 1,2 e 1,5 vezes menores.

Tabela 10 - Taxa de aparecimento de perfilhos (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

Altura de manejo (cm)	Ano de avaliação		Média
	2021/2022	2022/2023	
50	0.36 ± 0.05 <sup>Ab</sup>	0.62 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.49 ± 0.04 <sup>A</sup>
65	0.38 ± 0.06 <sup>Ab</sup>	0.62 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.50 ± 0.04 <sup>A</sup>
80	0.41 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.39 ± 0.06 <sup>Ba</sup>	0.40 ± 0.04 <sup>A</sup>
Média	0.38 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.03 <sup>a</sup>	
Estação do ano			
Primavera	0.18 ± 0.06 <sup>Bb</sup>	0.58 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.38 ± 0.04 <sup>B</sup>
Verão	0.55 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.57 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>A</sup>
Outono	0.42 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.52 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	0.47 ± 0.04 <sup>AB</sup>
Média	0.38 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.03 <sup>a</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste LSD (P <0,05)  
 Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A taxa de aparecimento de perfilhos basais (Tabela 11) foi alterada pelo efeito de estação (P=0,006) e interação altura de manejo x estação (P=0,01). Durante a primavera pastos nas alturas de 50 e 65 cm apresentaram a maior Tap basais, em média 0,45 ± 0,03 perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; entretanto, durante o verão observasse uma redução na Tap nestas alturas de manejo chegando a valores similares à maior altura do dossel. No outono, pastos na altura de 65 cm aumentam a Tap basais até atingir valores similares à primavera, já nas alturas de manejo de 50 e 65 cm não foi observada variação.

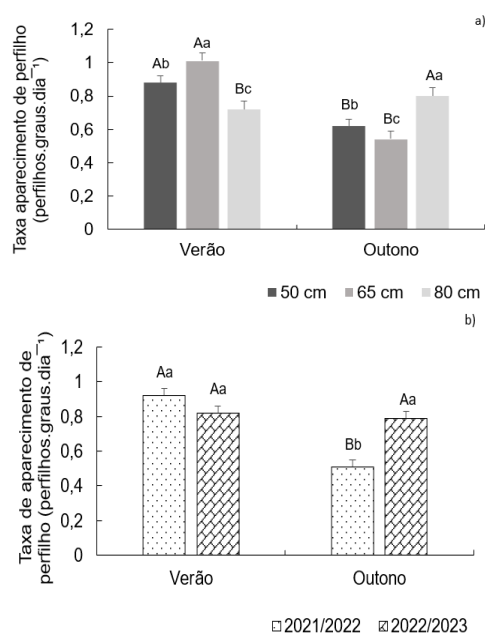
Tabela 11 – Taxa de aparecimento de perfilhos basais (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

Altura de manejo (cm)	Estação do ano			Média
	Primavera	Verão	Outono	
50	0,5 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,2 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	0,2 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	0,3 ± 0,03 <sup>A</sup>
65	0,4 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,2 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	0,4 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,3 ± 0,03 <sup>A</sup>
80	0,2 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	0,3 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,2 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	0,2 ± 0,03 <sup>A</sup>
Média	0,4 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,3 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,3 ± 0,03 <sup>b</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste LSD (P <0,05)  
 Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em relação a Tap dos perfilhos aéreos, é necessário salientar que somente foi avaliada durante o verão e outono ao longo dos dois anos experimentais devido à não significativa participação durante a primavera em todas as alturas de manejo. Desta forma, a taxa de aparecimento de perfilhos aéreos foi alterada pela estação ( $P=0,03$ ), interação altura de manejo x estação ( $P=0,01$ ) e estação x ano ( $P=0,03$ ). Nos pastos manejados a 50 cm e 65 cm a maior Tap foi verificada no verão, em média  $0,95 \pm 0,14$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; Entretanto, nos pastos manejados a 80 cm ocorre durante o outono, em média  $0,8 \pm 0,14$  perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup> (Figura 16a). Independentemente da altura de manejo do dossel, o verão foi 34% superior quando comparada com o outono (Figura 16b).

Figura 16. Taxa de aparecimento de perfilhos aéreos em pastos de capim-elefante sob diferentes alturas do dossel em pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação.



Na figura a) médias seguidas pela mesma letra maiúscula para a altura de manejo e minúscula para a estação não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ) Na figura b) médias seguidas pela mesma letra maiúscula para a estação e minúscula para o ano de avaliação não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ )  
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A taxa de mortalidade de perfilho ( $T_{mp}$ ;  $\text{perfilhos.graus.dia}^{-1}$ ) foi alterada pelo ano de avaliação ( $P < 0,0001$ ) e pela interação entre altura de manejo x estação x ano de avaliação para os perfilhos basais ( $P = 0,01$ ). Na primavera do primeiro ano a menor  $T_{mp}$  foi observada nos pastos manejados a 80 cm, porém essa diferença entre as alturas de manejo não se manteve similar durante o verão, sendo que nesta estação todas as alturas se mostraram similares entre si. Com a chegada do outono, pastos nas alturas de 50 e 65 cm aumentaram entorno de 50% a  $T_{mp}$ , já pastos na altura de 80 cm mantiveram uma  $T_{mp}$  similar daquela do verão.

Na primavera do segundo ano pastos manejados a 65 e 80 cm apresentaram  $T_{mp}$  similares às do outono do ano anterior, já pastos manejados a 50 mostraram aumento em quase 100% quando comparadas ao mesmo período. Com a chegada do verão, a  $T_{mp}$  diminuiu nos pastos manejados a 50 cm, alcançando valores similares aos pastos manejados a 65 cm, esses últimos não mostraram variação entre a primavera e o verão. No caso dos pastos manejados a 80 cm, houve aumento na  $T_{mp}$  durante o verão, sendo quase o dobro quando comparado com as menores alturas de manejo. Entretanto, no outono observou-se mudança no padrão de resposta, sendo que a  $T_{mp}$  nos pastos manejados a 80 cm diminuiu até atingir um valor similar ao observado durante a primavera. Pastos manejados a 65 cm também diminuíram a  $T_{mp}$  nesta estação, porém, em menor magnitude.

Tabela 12 – Taxa de mortalidade de perfilhos (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes altura de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

Altura de manejo (cm)	2021/2022			Média
	Primavera	Verão	Outono	
50	0,18 ± 0,04 <sup>Ab</sup>	0,20 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	0,29 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0.22 ± 0.04 <sup>A</sup>
65	0,19 ± 0,04 <sup>Ab</sup>	0,20 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0,31 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0.23 ± 0.04 <sup>A</sup>
80	0,15 ± 0,04 <sup>Bc</sup>	0,22 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0.23 ± 0.04 <sup>A</sup>
Média	0,18 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,20 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,04 <sup>a</sup>	
	2022/2023			
50	0,57 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	0,29 ± 0,04 <sup>Ac</sup>	0.40 ± 0.04 <sup>A</sup>
65	0,33 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	0,25 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	0.30 ± 0.04 <sup>B</sup>
80	0,21 ± 0,04 <sup>Cc</sup>	0,47 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,26 ± 0,04 <sup>Bb</sup>	0.32 ± 0.04 <sup>B</sup>
Média	0,40 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,37 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,04 <sup>b</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Nos perfilhos basais a taxa de mortalidade de perfilhos basais (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>, Tabela 13) foi alterada pelo ano de avaliação (P<0,0001) e interação altura de manejo x estação x ano de avaliação (P=0,009). No primeiro ano de avaliação, todas as alturas de manejo do dossel apresentaram a maior Tmp basal no outono, sendo o maior valor observado nos pastos manejados a 65 cm; entretanto, durante a primavera e verão houve variação no padrão de resposta entre as alturas de manejo. Assim, pastos manejados a 50 cm não mostraram variação para a Tmp basal, já pastos manejados a 65 e 80 cm mostraram um aumento consecutivo durante esse período.

No segundo ano observou-se incremento na Tmp basal nas menores alturas de manejo, principalmente nos pastos na altura de 50 cm. Durante o verão, ocorreu o aumento na Tmp basal nas alturas de 65 e 80 cm, contudo, pastos manejados a 50 cm diminuíram consideravelmente quando comparado com a primavera. De forma geral, durante o outono ocorreu a diminuição na Tmp basal em todas as alturas de manejo em proporções similares entre si. O resultado da mudança nos padrões de resposta para a Tmp basal no segundo ano, foi a maior mortalidade nos pastos manejados a 50 cm.

Tabela 13 - Taxa de mortalidade de perfilho basal (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes alturas de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

Altura de manejo (cm)	2021/2022			Média
	Primavera	Verão	Outono	
50	0,19 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	0,18 ± 0,02 <sup>Bb</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	0,21 ± 0,02 <sup>A</sup>
65	0,19 ± 0,02 <sup>Ac</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	0,35 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>A</sup>
80	0,15 ± 0,02 <sup>Bc</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	0,29 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	0,22 ± 0,02 <sup>A</sup>
Média	0,18 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,21 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,30 ± 0,02 <sup>a</sup>	
2022/2023				
50	0,57 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,32 ± 0,02 <sup>Cb</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>Bc</sup>	0,37 ± 0,02 <sup>A</sup>
65	0,33 ± 0,02 <sup>Bb</sup>	0,39 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>ABc</sup>	0,33 ± 0,02 <sup>B</sup>
80	0,21 ± 0,02 <sup>Cc</sup>	0,44 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,30 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	0,32 ± 0,02 <sup>B</sup>
Média	0,37 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>b</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A taxa de mortalidade dos perfilhos aéreos foi alterada pela altura de manejo (P=0,04) e interação estação x ano de avaliação (P=0,03). Pastos nas alturas limite de manejo (50 e 80 cm) apresentaram o maior valor para a Tmp aéreo, em média 0,32 ± 0,03 perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>; já pastos na altura de 65 cm apresentaram o menor valor, em média 0,24 ± 0,03 perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>. Independentemente da altura de manejo do dossel, a maior Tmp aéreo ocorreu durante o outono do primeiro e no verão do segundo ano de avaliação, sendo em média 0,34 ± 0,03 perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>.

Tabela 14 - Taxa de mortalidade de perfilho aéreo (perfilhos.graus.dia<sup>-1</sup>) em pastos de capim-elefante sob diferentes alturas de manejo do dossel na condição de pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação

Estação	Ano de avaliação		Média
	2021/2022	2022/2023	
Verão	0,20 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,28 ± 0,03 <sup>A</sup>
Outono	0,32 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,28 ± 0,03 <sup>Bb</sup>	0,30 ± 0,03 <sup>A</sup>
Média	0,26 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,03 <sup>a</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Durante o mesmo período de avaliação, verificou-se que o peso médio do perfilho (PMP) foi afetado pela interação altura de manejo x estação x ano de avaliação ( $P = 0,001$ ). Para todas as alturas de manejo, os perfilhos surgidos na primavera foram os mais pesados, em média  $4,9 \pm 0,04$  g.perfilho<sup>-1</sup>, com a exceção dos pastos manejados a 50 cm no segundo ano, onde foi verificada redução no PMP entorno de 60%. A diminuição do PMP observado no verão variou entre as alturas de manejo, assim, pastos manejados a 65 cm mantiveram valores estáveis ao longo do período experimental, em média  $2,5 \pm 0,04$  g.perfilho<sup>-1</sup>, já pastos nas alturas limites da faixa testada a queda no PMP foi superior no segundo ano, passando de  $1,8$  a  $1,6 \pm 0,04$  g.perfilho<sup>-1</sup> para a altura de 50 cm, e  $4,4$  a  $2,8 \pm 0,04$  g.perfilho<sup>-1</sup> na altura de 80 cm. Essa variação resultou no aumento significativo do PMP conforme também aumentava a altura do dossel, sendo em média  $2,7$ ;  $3,5$  e  $4,7 \pm 0,04$  g.perfilho<sup>-1</sup> para as alturas de manejo de 50, 65 e 80 cm respectivamente.

A meia-vida da população de perfilhos somente foi afetada pelo ano de avaliação ( $P=0,02$ ). Assim, a maior longevidade foi observada na população de perfilhos no primeiro ano de avaliação, em média  $458,2 \pm 29$  e  $379,7 \pm 27$  graus.dia<sup>-1</sup> para o primeiro e segundo ano respectivamente.

A densidade de touceiras (touceiras.m<sup>-2</sup>) foi alterada pelo ano de avaliação ( $P=0,0002$ ) e interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P=0,03$ ). No primeiro ano de avaliação, não houve diferença entre as alturas de manejo do dossel, entretanto, pastos manejados a 50 cm diminuíram entorno de 1 touceira.m<sup>-2</sup> durante o segundo ano de avaliação. Pastos manejados a 65 e 80 cm não apresentou variação.

A distância entre touceiras (m) foi alterada pela altura de manejo ( $P=0,001$ ) e ano de avaliação ( $P=0,003$ ). Pastos na altura de 50 cm mostraram maior distância entre touceiras ao longo de todo o período experimental, em média 1,18 m. Pastos nas alturas de 65 e 80 cm foram similares entre si, em média 1 m. Também foi observado que durante o segundo ano de avaliação, a distância entre touceiras aumentou para todas as alturas de manejo do dossel, passando de 1 a 1,12 m.

Em relação aos atributos de touceira, observou-se que o tamanho da copa foi alterado pela altura de manejo ( $P<0,0001$ ), estação ( $P=0,02$ ), ano de

avaliação ( $P=0,0001$ ), interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P=0,002$ ) e estação x ano de avaliação ( $P=0,002$ ). O tamanho da copa aumentou conforme a altura do dossel aumentava independentemente do ano de manejo do dossel, ou seja, pastos manejados a 50 cm tiveram touceiras com copa menor daqueles manejados a 65 e 80 cm, já pastos na altura de 65 cm apresentaram touceiras com copa menos daqueles manejados a 80 cm (Figura 17a). Durante o segundo ano de avaliação, pastos manejados a 50 e 65 cm diminuíram o tamanho da copa, contudo, não houve variação nos pastos manejados a 80 cm.

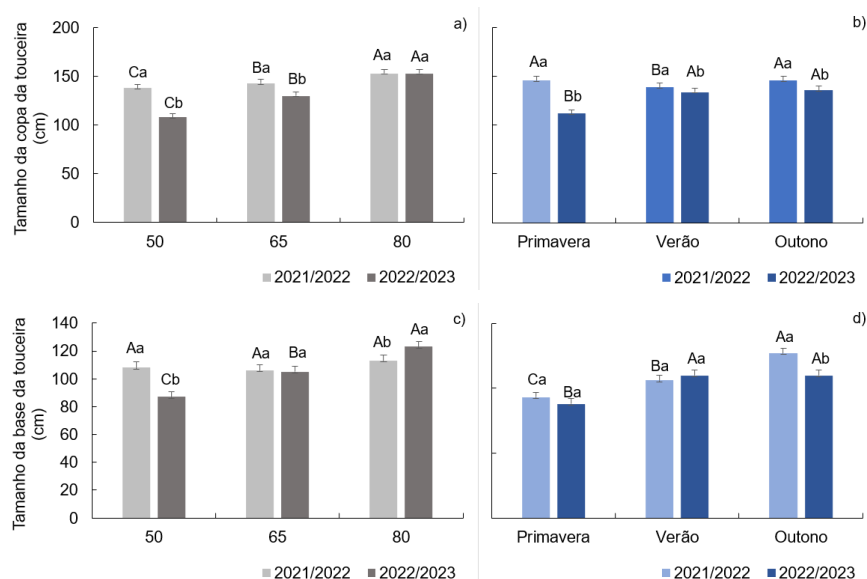
Também foi observado que durante o primeiro ano de avaliação houve redução no tamanho da copa durante o verão para todas as alturas de manejo do dossel. Já durante o segundo ano, todas as alturas de manejo iniciaram com um menor tamanho da copa até estabilizar-se a partir do verão, porém, como um tamanho menor ao observado no ano anterior (Figura 17b).

De forma similar ao observado para o atributo tamanho da copa da touceira, o tamanho da base foi alterado pela altura de manejo ( $P=0,0002$ ), estação ( $P<0,0001$ ), interação altura de manejo x ano de avaliação ( $P=0,0004$ ) e estação x ano de avaliação ( $P=0,02$ ). No primeiro ano de avaliação não houve variação entre as alturas de manejo, sendo em média  $109 \pm 2,5$  cm. Entretanto, durante o segundo ano foi observado redução no tamanho da base nos pastos manejados a 50 cm, entorno de 21 cm; pastos na altura de 80 cm aumentaram entorno de 10 cm neste período e, não houve alteração nos pastos manejados a 65 cm (Figura 17c).

Independentemente da altura de manejo do dossel, O tamanho da touceira aumentou conforme passam as estações do ano, atingindo seu maior valor no outono durante o primeiro ano, já durante o segundo essa estabilidade é conseguida no verão. Também foi observado redução do tamanho da base da touceira no outono desse período, entorno de 17 cm (Figura 17d).



Figura 17 - Tamanho da copa e base de touceira (cm) em pastos de capim-elfante submetidos a diferentes alturas de manejo do dossel no pré-pastejo ao longo de dois anos de avaliação



Na figura a, c as médias seguidas pela mesma letra maiúscula para a altura de manejo e minúscula para o ano de avaliação não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ). Na figura b, d as médias seguidas pela mesma letra maiúscula para estação e minúscula para o ano de avaliação não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).  
Fonte: elaborado pela autora (2024)

A presença de plantas invasoras diminuiu conforme aumentou-se as alturas de manejo do dossel ( $P < 0,0001$ ), assim, pastos manejados a 50 cm e 65 cm apresentam 2,5 e 1,8 vezes mais invasoras daqueles manejados a 80 cm, sendo em média  $265$ ,  $488$  e  $685 \pm 40$  kg MS.ha<sup>-1</sup>. As espécies que maioritariamente conformaram a massa de plantas invasoras foram: *Cenchrus clandestinum* Hochst., *Lolium multiflorum* e *Trifolium repens*. As proporções destas espécies não foram estimadas.

## 6.6 DISCUSSÃO

A estratégia de manejo do dossel não promoveu mudanças na densidade populacional de perfilhos nos pastos de capim-elefante, contudo, ajustes sobre a participação de perfilhos basais e aéreos foram observados entre as alturas de manejo do dossel, sendo por sua vez influenciado pelas condições climáticas de região. De forma geral, durante o primeiro ano de avaliação o padrão de perfilhamento para todas as alturas de manejo do dossel foi o seguinte: formação do touceira por perfilhos basais durante a primavera, estabilização destes perfilhos com o início do verão e aumento progressivo da população de perfilhos aéreos a partir do verão até o outono (FERNANDES et al., 2016; Da SILVA et al., 2021). Para todas as alturas de manejo do dossel durante a estação mais importante para o crescimento (verão) no primeiro ano, a proporção de perfilhos foi entorno de 54% perfilhos basais e 46% de perfilhos aéreos.

Em geral, pastos de capim-elefante em meados da primavera estão formados maioritariamente por perfilhos basais e, somente começam a surgir aéreos a partir do final da primavera/início do verão (FERNANDES et al, 2016). No entanto, a partir do segundo ano de avaliação nos pastos manejados a 50 cm, o recrutamento de perfilhos basais prorrogou-se até o verão em detrimento da participação de perfilhos aéreos durante o verão/outono. É possível que a estratégia de manejo nos pastos na menor altura do dossel aumentasse a pressão de pastejo (DENNER et al., 2012), minimizando a competição por luz entre os perfilhos localizados no estrato inferior do dossel e, promovendo uma alta taxa de renovação da biomassa através do recrutamento de perfilhos basais. Essa mudança no padrão de perfilhamento possivelmente deve-se à quebra da dominância apical e à resposta fotomorfogenética à qualidade de luz incidente (DAVIES, 1974; MATTHEW et al., 2015; TOMLINSON e O'CONNOR, 2004) sobre as gemas localizadas no estrato inferior do dossel (CLINE, 1991; BRISKE e DENNER, 1998).

Em gramíneas cespitosas como o capim-elefante Gomide et al. (2007) relata predominância da população de perfilhos basais para o rápido estabelecimento do pasto e menor participação de perfilhos aéreos. Essa resposta é controlada pela dominância apical exercida a nível do perfilho sobre sua gema axilar, priorizando o surgimento de perfilhos basais (JEWIS,1972). A

disponibilidade de áreas nuas no solo expostas à luz solar após o inverno, desencadeia uma resposta hormonal na touceira que prioriza a crescimento dos perfilho basais (SILVA et al., 2015). A ocupação do espaço horizontal do solo ocorre por meio do aumento no número e espaçamento dos perfilhos basais que conformam a touceira, e ao mesmo tempo, entre touceiras. Esta estratégia de crescimento favorece a ocupação do espaço horizontal nas plantas formadoras de touceiras e limitar a competição com as plantas invasoras por espaço e fatores de crescimento (CASTILLO et al., 2003; PEREIRA et al., 2014).

A ocupação do espaço horizontal por meio de perfilhos basais no início do processo de rebrota também serve como estratégia adaptativa para reduzir o compartilhamento de assimilados e nutrientes entre perfilhos que conformam a mesma touceira, facilitando a captura de carbono (RYEL et al., 1994). A ocupação do espaço lateral no dossel pelos perfilhos aéreos fica relegada à estabilização da população de touceiras (perfilhos basais) no espaço horizontal (FERNANDES et al., 2016; PEREIRA et al., 2013; PINTO Da ROSA et al., 2023). Nos pastos manejados a 50 cm a partir do segundo ano não foi observado estabilidade na população de perfilhos basais com o início do verão. Além disso, houve aumento nas taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos, entorno de 70%. Isto põe em evidência uma dinâmica populacional onde o recrutamento de novos perfilhos vai acompanhada de uma alta taxa de mortalidade, gerando uma grande dependência dos fotoassimilados produzidos e armazenados na biomassa radicular pelas gerações anteriores (RUEDA et al., 2018; SARAHT et al., 2014). Nesta condição, o pasto é altamente dependente da disponibilidade dos fatores de crescimento para sua manutenção a longo prazo, sendo vulnerável a mudanças ambientais que afetem o recrutamento de perfilhos e, portanto, à ocupação horizontal do dossel pelas touceiras. Dentro deste cenário, o aumento progressivo das plantas invasoras, bem adaptadas as condições ambientais da região, pode comprometer a persistência do pasto (ZAILAN et al., 2016).

O recrutamento de perfilhos é uma das estratégias mais importantes para a manutenção da persistência em pastos perenes (HENDRICKSON e BRISKE, 1997). Contudo, o contínuo surgimento de perfilhos ao longo de sucessivos eventos de desfolha num cenário de reduzida biomassa foliar remanescente,

pode comprometer o balanço entre a taxa de fornecimento de nutrientes e a taxa de demanda dos meristemas remanescentes, mesmo que esses tecidos estejam expostos a altas intensidades de luz (Da SILVA e NASCIMENTO JUNIOR, 2007). Pastos manejados a 50 cm apresentaram a maior taxa de mortalidade de perfilho e redução do tamanho de touceiras (copa e base) no segundo ano de avaliação, demonstrando que essa estratégia de manejo excedeu os limites da plasticidade fenotípica do pasto e sua capacidade para adaptar a densidade populacional de perfilhos.

Nos pastos manejados a 65 cm também foram observadas ajustes na densidade populacional de perfilhos e na dinâmica de touceiras durante o segundo ano de avaliação, entretanto, em menor amplitude daquela observada nos pastos manejados a 50 cm. É possível que a menor disponibilidade de fatores de crescimento, neste caso temperatura, promove-se a redução de 0,4 touceiras.m<sup>-2</sup> e menor tamanho (base e copa). Nesse sentido, o distanciamento entre touceiras observado nos pastos manejados a 50 e 65 cm deve-se aumento na mortalidade de touceiras após o segundo inverno e não à competição por recursos como tem sido relatado na literatura (NOBEL, 1981).

Nos pastos manejados a 80 cm a variação interanual para as variáveis anteriormente citadas foram muito pequenas, demonstrando o efetivo estabelecimento da espécie manejada nestas condições do dossel.

## 6.7 CONCLUSÃO

O capim-elefante apresenta em escala de unidade fisiológica integrada (touceira) mecanismos que atuam de forma compensatória a redução na altura de manejo. No entanto, em escala de população de touceiras na área fica evidente que pastos manejados a 50 cm no segundo ano de crescimento já apresentam perda de capacidade de ocupação do espaço, indicando colapso da vegetação.

Isso sugere que estudos que avaliem a dinâmica de perfilhos em plantas formadoras de touceiras devem integrar conhecimentos nas duas escalas de avaliação: indivíduo (planta) e touceiras (espaço).

## REFERÊNCIAS

- ALDEN, W.G.; WHITAKER, I.A. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the inter relationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, n.5, p.755-766, 1970.
- ALMEIDA, E.X.; et al. Oferta de forragem e variáveis morfogênicas em capim elefante anão cv. Mott. Em: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. Anais... Juiz de Fora:SBZ, p.240-242, 1997.
- ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologisch Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, A. S.; et al. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. **Grass and Forage Science**, v. 71, n.1, p. 54-65, 2016.
- BAMAHNI, I.; et al. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p. 803–817, 2003.
- BARIONI, L. G.; et al. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. Em: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 20, 2003, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-154.
- BENVENUTTI, M. A.; et al. The effects of stem density of tropical swards and age of grazing cattle on their foraging behaviour. **Grass and Forage Science**, v. 63, p. 1-8, 2008.
- BERNARDON, A. et al. Herbage accumulation dynamics in mixed pastures composed of kikuyugrass and tall fescue as affected by grazing management. **Grass and Forage Science**, n. June, p. 1–14, 2021.
- BERONE G.D.; et al. A comparative analysis of the temperature-response of leaf elongation in *Bromus stamineus* and *Lolium perenne* plants in the field: intrinsic and size-mediated effects. **Annals of Botany**, v. 100, p. 813– 820, 2007.

BERRY, J.A.; FARQUHAR, G.D. The CO<sub>2</sub> concentrating function of C<sub>4</sub> photosynthesis: a biochemical model. Em: Hall D, Coombs J and Goodwin T (eds) **The Proceedings of the Fourth International Congress on Photosynthesis**, p. 119–131. Biochemical Society of London, London, 1978.

BEZERRA, J. D. V.; et al. Características produtivas, morfológicas e estruturais de cultivares de *Brachiaria brizantha* cultivadas em dois tipos de solo. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 7, p. e129972947, 2020.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 1, p. 323-33, 1983.

BOGDAM, A.V. **Tropical pastures and fodder crops**. New York: Longman, 1977. 455 p.

BOUTON, J. Breeding lucerne for persistence. **Crop Pasture Science**, v. 63, p. 95 –106, 2012.

BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, v. 13, p. 115–155, 1965.

BRATZ, T. G. S.; et al. Análise de correlação parcial no estudo da morfogênese e do acúmulo de forragem de *Panicum maximum* cv. 'Tanzânia'. **Ciência Rural**, v. 47, n. 9, p. e20161058, 2017.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. Periods of interference by *Cyperus esculentus* L. in *Pennisetum purpureum* Schum. **Acta Agronômica**, v. 67, n. 4, p. 512-516, 2018.

BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. Em: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Ed.) **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, p. 85-108, 1991.

BRISKE, D.D. Strategies of Plant Survival in Grazed Systems: A functional interpretation. Em: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Wallingford: CAB International, p. 37- 67, 1996.

BRISKE, D.D.; DERNER, J.D. Clonal biology of caespitose grasses. **Population Biology of Grasses** (ed. G.P. Cheplick), pp. 106–135. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998.

BROUGHAM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 377-387, 1956.

BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v.38, p.1-9, 1968.

BRUNKEN, J. N. A. systematic study of Pennisetum sect. Pennisetum (Graminae). **American Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.

CALVANO, M.P.C.A.; et al. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. **Revista Ceres**, n. 58, v. 6, p. 781-789, 2011.

CAMINHA, F.O.; et al. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.2, p.213-220, 2010.

CASTILLO J.M.; et al. Intratussock tiller distribution and biomass of *Spartina densiflora* Brongn in a invaded salt marsh. **Lagascalia**, v. 23, p. 61–73, 2003.

CARVALHO, C.A.B.; et al. Morfogênese do capim-elefante manejado sob duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.02, p.101-109, 2005.

CARVALHO, P.C.F.; et al. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. Em: **SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 25, 2009, Piracicaba, Anais...., Piracicaba: FEALQ, 2009, p. 61-93.

CARVALHO, P.C.F.; et al. Structural and productive characteristic of oat and ryegrass mixed pastures managed in four intensities with variable stocking rate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1857–1865, 2010.

CARVALHO, M. M.; et al. **Capim-elefante: produção e utilização**. 2. ed. revisada. Brasília: Embrapa-SPI Juiz de Fora, 1997.

- CARVALHO ANDRADE, A.; et al. Características morfológicas e estruturais do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n. 1, p. 150-159, 2005.
- CASAL, J.J.; et al. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/farred ratios typical of sparse canopies. **Journal of Experimental Botany**. v.38, n.1, p.1432-1439, 1987.
- CAVERNALLI, R.A.; et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**. v. 40, n. 3, p. 165-176, 2006.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Em: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, 17., 1993, New Zealand. Proceedings... New Zealand, p. 95-104, 1993.
- CHAVES, C.S.; et al. Forage production of elephant grass under intermittent stocking. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 234-240, 2013.
- CLINE, M.G. Apical dominance. **Botanical Review**, v. 57, p. 318–358, 1991.
- CORSI, M. Espécies forrageiras para pastagens. Em: **SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS**, 3. Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba, SP: ESALQ, USP, 1976. p. 5-36.
- COSTA, N.L.; et al. **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras**. Embrapa Rondônia, 32 p, 2004.
- COSTA, N. L., et al. Acúmulo de forragem e morfogênese de *Axonopus aureus* sob adubação potássica. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 8, p. e49881270, 2019.
- CRUZ, N.T.; et al. Fatores que afetam as características morfológicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021.



Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. Em: **SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS**, 3., Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: FUNEP, p.1-62, 1997.

Da SILVA, S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. do. **Sistema intensivo de produção de pastagens**. 2006, Anais.. São Paulo: CBNA-AMENA, 2006.

Da SILVA, S. C.; et al. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on Marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **The Journal of Agricultural Science**, v. 151, p. 727–739, 2013.

Da SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de Panicum sp. Em: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 12. Anais. Piracicaba: FEALQ, p.129-146, 1995.

Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, C. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, *suplemento especial*, p. 121-138, 2007.

Da SILVA PENA, K.; et al. Morphogenic and structural characteristics and herbage accumulation of Tanzania grass submitted to two cutting heights and three intervals. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.11, p. 2127-2136, 2009.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 82, p. 165-172, 1974.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. Em: Jones, M.B., Lazenby, A. (Eds.), **The Grass Crop: The Physiological Basis of Production**. Chapman & Hall, London, p. 85–127, 1988.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. Em: J. Hodgson (Ed.), **Sward measurement handbook**, p. 183–216, 1993.

DENER, J. et al. Tiller organization within the tussock grass *Schizachyrium scoparium*: a field assessment of competition–cooperation tradeoffs. **Botany**, v. 90, n. 8, p. 669-677, 2012.

DEREGIBUS, V.A.; et al. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v.72, n.1, p.900-902, 1983.

DEREGIBUS, V.A.; et al. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in humid natural grassland. **Journal of Applied Ecology**, v.22, p.199-206, 1985.

DiRIENZO, J. A.; et al. InfoStat versión 2013 (<http://www.infosat.com.ar>), 2013.

DRESCHER, M. et al. The role of grass stems as structural foraging deterrents and their effects on the foraging behaviour of cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 101, p. 10-26, 2006.

DURU, M.; et al. Effect of defoliation regime and nitrogen supply on the phyllochron of cocksfoot. **Académie des Sciences**, v. 311, p. 717-722, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos** (2ed.) Embrapa Solos, 2006. p. 306. Rio de Janeiro, BR.

EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. **Forragicultura**. Lavras: ESAL, 1990. 184 p.

FARIA, V.P. Evolução no uso do Capimelefante; uma visão histórica. Em: **SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM**, 10, 1993, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ. p. 19-45, 1993.

FERNANDES, P. B.; et al. Características estruturais do dossel em pastos de capim-elefante anão submetidas à lotação intermitente. **VI Congresso Nordeste de Produção Animal**, Anais..., Mosoró, RN, 2010.

FERNANDES, P. B.; et al. Morphogenetic and structural characteristics of clones of elephant grass managed under intermittent stocking. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p. 2099-2110, 2016.

FERREIRA Da SILVA, P.H.; et al. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects cut-and-carry, and grazing management. **Ciência Rural**, v.51, n. 9, p. e20200848, 2021.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. Adubação e fertilidade do solo em capim-elefante. Em: LIRA, M.A.; et al. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife; IPA; UFRPE, 2010. p. 113-134.

FREITAS, R. S., et al. Chemical composition and energy yield of elephant-grass biomass as function of five different production ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n.1, p. 343-353, 2017.

GAUTIER, H.; et al. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v. 83, p. 423–429, 1999.

GONTIJO NETO, M.M.; et al. Consumo e tempo diário de pastejo por novilhos Nelore em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.1, p.60-66, 2006.

GOMES, C.M. Oportunidade para flexibilização das metas pré-pastejo do manejo rotativo do capim-marandu. **Dissertação para a obtenção do título de mestre em Ciências**, USP-Piracicaba, 2023.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.341-348, 2000.

GOMIDE, C.A.M.; et al. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.554-579, 2006.

GOMIDE, C. A. M.; et al. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1487-1494, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; et al. Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity and frequency of defoliation in dry and rainy seasons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1445–1451, 2011.

GOMIDE, C.A.M.; et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum schum.*) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal Range Forage Science**, v.32, p.51-57, 2015.

GOMIDE, J.A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. Em: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO**, Viçosa, 1997. Anais... Viçosa: UFV, p.411-430, 1997.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Fundamentos e estratégias do manejo de pastagens. Em: **SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE**, Viçosa, 1999. Anais... Viçosa: UFV, p.179-200, 1999.

GRANT, S.A.; et al. Sward management lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne* dominated swards. **Grass and Forage Science**. v.38, p.333-344, 1983.

GRANT, S.A.; et al. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.29-39, 1988.

GRIME, J. P.; MACKEY, J. M. L. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 3, p. 299–307, 2002.

GUARDA, V. D. A.; CAMPOS, L. J. M. Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, 47 p, 2014.

GUARENTE, L.; et al. Aging, life span, and senescence. **Proceedings of National Academy of Science USA**, v. 95, p. 11034-11036, 1998.

HABERMANN, E.; et al. Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. **Physiologia. Plantarum**. v.165, p. 383–402, 2019.

HENDRICKSON, J. R.; BRISKE, D. D. Axillary bud banks of two semiarid perennial grasses: Occurrence, longevity, and contribution to population persistence. **Oecologia**, v. 110, n. 4, p. 584–591, 1997

HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. **Journal of Plant Nutrition**. v. 2, n. 2, p. 407-444, 1980.

HODGSON, J. **Grazing management – science into practice**. New York: John Wiley, 1990. 203p.

HOLM, L.G. et al. The world's worst weeds. Distribution and biology, **University of Hawaii Press**, Honolulu, 1977.

JAYASINGHE, C.; et al. Evaluation of the relationship between cultivar, endophyte and environment on the expression of persistence in perennial ryegrass populations using high-throughput phenotyping. **Agronomy**, 2023, v.13, n. 9, p. 2292, 2023.

JEWISS; O.R. Tillering in grasses - its significance and control. **Journal of British Grassland Society**. v.27, p.65-82, 1972.

JOCHIMS, F.; LUTDKE, A. Severidade de desfolhação e sua influência no intervalo entre cortes, produtividade e valor nutritivo do capim-elefante BRS Kurumi. **Revista Agropecuaria Catarinense**, v. 33, n. 2, p. 42-47, 2020.

JONES, G. B.; TRACY, B. F. Persistence and productivity of orchardgrass and orchardgrass/alfalfa mixtures as affected by cutting height. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 544 - 552, 2017.

JONES, R.M.; MOTT, J.J. Population dynamics in grazed pastures. **Tropical Grassland**, v. 14, p. 218 – 224, 1980.

JONES, R.R. Efecto del clima, el suelo, y el manejo del pastoreo en la producción y persistência del germoplasma forrajero tropical. Em: PALADINES, O., LASCANO, C. (Ed.). **Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas – Metodología de evaluación**. Cali: CIAT, p. 11-31, 1982.

KORTE, C.J.; et al. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**. v. 25, p. 309-319, 1982.

LAMBERT, M.G.; et al. Influence of fertiliser and grazing management on North Island moist hill country 4. Pastures species abundance. **New Zealand Journal of Agricultural Research**. v.29, p.23-31, 1986.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. A review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141-148, 1963.

LANGER, R.H.M. How grasses grow. Em: **Studies in Biology**, Edwards Arnold, 1972. 60p.

LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, Issue special\_ises, p. 1449–1461, 1995.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. Em: LEMAIER, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.) **GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY**. CAB International, p.265-288, 2000.

LEMAIRE, E.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. Em: HODGSON, I.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, p. 3-36, 1996.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**. v.53, n. 370, p. 789-99, 2002.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. Em: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO**, 1997, Viçosa. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 115-144.

LUDEMANN, C.I.; et al. The economic significance of maintaining pasture production at its peak value. **Crop and Pasture Science**, v. 66, n. 2, p. 205-213, 2015.

MACEDO, V.H.M.; et al. Structure and productivity of Tanzania grass subjected to different defoliation frequencies. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, p. 1-10, e-38984, 2017.

MADEIRO, A. S.; et al. Qualidade da forragem de clones de capim-elefante de porte baixo sob lotação rotacionada. Em: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 47., 2010, Salvador. Anais... Salvador: SBZ, 2010.

MATTHEW, C.; et al. Tiller dynamics of perennation in three herbage grasses. **International Grassland Congress**, 17, ANAIS... 17: p. 141-143, 1993.

MATTHEW, C.; et al. A Modified Self-thinning Equation to Describe Size/Density Relationships for Defoliated Swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.

MATTHEW, C.; et al. Tiller dynamics of grazed swards. Em: LEMAIRE, G.; et al (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, Wallingford: CABI, p. 127-150, 2000.

MCWILLIAM, J. R. Response of pastures plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.17–34.

MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A. Temperatura base de gramíneas forrageiras estimadas através do conceito de unidade fototérmica. Em: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 39, 2002, Recife, PE. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, UFRPE, 2002. v. 1.

MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais. São Carlos, SP: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2006. 9 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular técnica, 45).

MIQUELOTO, T.; et al. Canopy structure of mixed kikuyugrass-tall fescue pastures in response to grazing management. **Crop Science**, v. 60, n. 1, p. 499-506, 2020.

MOCELIN, N.G.; et al. Grazing Management Targets for Tangolagrass Pastures. **Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 279, 2022.

MONQUERO, P.A.; et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.85-95, 2009.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. Em: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.) **Simpósio sobre manejo da pastagem**, 14, Piracicaba, 1997. Anais... Piracicaba:FEALQ, p.213-251, 1997.

NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determination of vegetative swards. **Plant Physiology and Herbage Production**, v. 13, p. 25-29, 1981.

NABINGER, C.; PONTES, L da S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. Em: MATTOS, W.R.S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: SBZ, 2001, 18p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. Em: **Simpósio Sobre Manejo Estratégico de Pastagem**, 2., Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2004. p. 289-346.

NOBEL, P.S. Spacing and transpiration of various sized clumps of a desert grass *Hilaria rigida*. **Journal of Ecology**, v. 69, p. 735–742, 1981.

NOODEN, L.D. & LEOPOLD, A.C. Senescence and Aging in Plants. Academic Press, London, 526 p., 1988.

ONG, C.K.; MONTEITH, J.L. Response of pearl millet to light and temperature. **Field Crop Research**, v. 11, p. 141-160, 1985.

PACIULLO, D. S. C.; et al. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim - elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 881-887, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; et al. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem em pastagem de cynodon dactylon, em diferentes estações do ano. **Ciência Animal Brasileira**. v. 6, n. 4, p. 231-241, 2005.

PACIULLO, D.S.C. et al. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen dose and shade<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.2, p.270-276, 2011.

PACIULLO, D. S. C. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi. **Embrapa Gado de Leite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2015.

PARSONS, A.J.; et al. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 49-59, 1988.



- PAULA, C.C.L.; et al. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2059-2065, 2012.
- PEGORARO, R.F.; et al. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elfante. **Ciência e Agrotencnologia**, v.33, n.2, p.461-467, 2009.
- PEDREIRA, C.G.S.; et al. O processo de produção de forragem em pastagens. Em: **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ; 2001.
- PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S. Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. Em: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; JANK, L. (Ed.). **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 89-116.
- PEREIRA, A. V.; et al. BRS Kurumi and BRS Capiaçú-New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, n.1, p.59-62, 2017.
- PEREIRA, A.V.; et al. BRS Capiaçú e BRS Kurumi. Cultivo e uso. **EMBRAPA Gado de leite**, Brasília, 2021. 120p.
- PEREIRA, L. E. T.; et al. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) subjected to strategies of intermittent stocking management. **Grass and Forage Science**, v. 70, n.1, p. 195-204, 2013.
- PEREIRA, L.E.T.; et al. Grazing management and tussock distribution in elephant grass. **Grass and Forage Science**. v. 70, n. 3, p. 406-417, 2014.
- PINTO Da ROSA, P.; et al. Productivity and nutritional value of elephant grass BRS Kurumi subjected to different proportions of defoliation. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 29, n. 1, p.16-31, 2023.
- PIMENTEL, R.M.; et al. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 10, n. 9, p. 666-679, 2016.
- PORTES SILVA, G.; et al. Stem elongation in *Pennisetum purpureum* results from a fixed pattern of vegetative development potentially enhanced by the initiation of flowering. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 4, p. 708-719, 2019.

ROBSON, M.J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. I. Leaf growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. **Annals of Botany**, v. 37, p. 487-500, 1973.

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. Em: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 6., Piracicaba, 1980. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1980. p. 243-270

RUEDA, J.A.; et al. Tiller population dynamics in eight cultivars of elephant grass during undisturbed growth. **African Journal of Range and Forage Science**, p. 1–11, 2018.

RYEL, R. J.; et al. Light field heterogeneity among tussock grasses: Theoretical considerations of light harvesting and seedling establishment in tussocks and uniform tiller distributions. **Oecologia**, v. 98, p. 241- 246, 1994.

SANTOS, R.; et al. Produção de capim elefante e movimentação de cátions em função de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1030–1037, 2013.

SARAHT G.; et al. Senescence, dormancy and tillering in perennial C4 grasses, p. 217–218, 2014.

SBRISSIA, A.F.; et al. Defoliation Strategies in Pastures Submitted to Intermittent Stocking Method: Underlying Mechanisms Buffering Forage Accumulation over a Range of Grazing Heights. **Crop Science**, v. 58, p. 945-954, 2018.

SBRISSIA, A.F.; et al. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. Em: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 24, Piracicaba. Palestra... PIRACICABA, p.1-27, 2007.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. da. O ecossistema de pastagens e a produção animal Em: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 38, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, p.731-754, 2001.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. da. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. v. 37, n. 1, p. 35 - 47, 2008.

SILVA, S.C. O manejo do pasto e a intensificação da produção animal a pasto. Em: **Simpósio de Produção Animal a Pasto - SIMPAPASTO**. 2011, Maringá. Anais...Maringá, 2011.

SILVA, S.C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Ecofisiologia de plantas forrageiras. Em: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM**, 3., 2006, Viçosa. Anais. Viçosa: UFV, 2006. p.1-42

SILVA, S. C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D do. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 121-138, 2007.

SILVA, W.; et al. Redução da interferência de *Brachiaria decumbens* na formação de pastagem de *Pennisetum purpureum* através de herbicidas. **Planta Daninha** . v. 20, n. 2, p. 273-281, 2002.

SILVA, S.C.; et al. Ecophysiology of C4 forage grasses - understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture*, v.5, p.598- 625, 2015

SIMONETTI, G.D.; et al. Productivity and nutritive value of elephant grass pastures under organic and conventional production systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 2, e20180011, 2019.

STUEFER J.F. Two types of division of labour in clonal plants: benefits, costs and constraints. **Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, p. 47–60, 1998.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Estimation of potential tiller production and site usage

during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**. V. 70, p. 493 – 499, 1992.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phylochron. **Crop Science**, v. 34, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOUZA, B. M. L.; et al. Characterization of tillers in deferred Piata palisade grass with different initial heights and nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 7, p. 1618-1624, 2012.

SOUZA, B. M. L.; et al. Tillering dynamics of digit grass subjected to different defoliation frequencies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00668, 2019.

SOUZA, J. P.; et al. Características morfogênicas, estruturais e agronômicas de gramíneas tropicais: uma revisão. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 8, p. e942986588, 2020.

SOUZA, P. H.; et al. Nutritional value of elephant grass genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.10, p.951-955, 2017.

SOUZA, R.T.A.; et al. Dwarf and Tall Elephant grass Genotypes under Irrigation as Forage Sources for Ruminants: Herbage Accumulation and Nutritive Value. **Animals**. v. 11, n. 8, p.2392, 2021.

SQUIRE, G.R.; et al. Response to temperature in a stand of pearl millet. **Journal of Experimental Botany**, v. 35, n. 153, p. 599-610, 1984.

STUEFER, J.F. Two types of division of labour in clonal plants: benefits, costs and constraints. *Perspect. Plant Ecology Evolution Systematics*, v. 1, n. 1, p. 47–60, 1998.

TAIZ, L.; et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 2017, 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 848p.

THOMAS, H.; STODDARD, J.L. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 31, p. 83–111, 1980.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

TOMLINSON, K.W.; O'CONNOR, T.G. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. **Functional Ecology**, v. 18, n. 4, p. 489 – 496, 2004.

TRINDADE, J.K.; et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

VALENTINE I.; MATTWEW, C. Plant growth, development and yield. Em: WHITE, J., HODGSON, J. (Eds). **New Zealand pasture and crop science**. Oxford: Oxford University Press, 1999. p.11-28.

VAN LOO, E.N. On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) **PhD Thesis, Wageningen UR, The Netherlands**, p. 165, 1993.

VIANA, B. L.; et al. Adaptability and stability analysis for selection of elephantgrass clones under grazing. **Crop Science**, v.55, n.2, p.950-957, 2015.

VIELA, D.; et al. Capim-elefante, versatilidades de usos na pecuária de leite. Em: **PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL: Cenários e avanços tecnológicos**, EMBRAPA Pecuária Sudeste, 28 p, 2016.

VILLA NOVA, N.A.; et al. Modelo para a previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

WATSON, M.A. Integrated physiological units in plants. Trends. **Ecology Evolution**, v. 1, n. 5, p. 119–123, 1986.

XING, Y.; et al. A review of nitrogen translocation and nitrogen-use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 19, p. 2624-2641, 2019.

YUAN, J.; et al. The compensatory tillering in the forage grass *Hordeum brevisubulatum* after simulated grazing of different severity. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, art. 792, 2020.

ZAILAN, M. Z.; YAAKU, H.; JUSOH, S. Yield and nutritive value of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different harvesting ages. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 7, n. 5, p. 213-219, 2016.

<b>Variável</b>	<b>Efeito isolado</b>	<b>Interação dupla</b>	<b>Interação tripla</b>
Acúmulo de forragem	Ano (P=0,01)	Altura x estação (P=0,0001)	
Acúmulo de forragem por estação do ano	Estação (P<0,0001) Altura (P=0,0007) Ano (P=0,0008)	Estação x ano de avaliação (P=0,0002)	Altura x estação x ano de avaliação (P<0,0001)
Taxa de acúmulo de forragem (dias)	Altura (P=0,0009) Ano (P=0,005)		
Taxa de acúmulo de forragem (graus.dia <sup>-1</sup> )	Altura (P=0,01)		
Densidade volumétrica do dossel forrageiro	Altura (P=0,03)	Altura x estação (P=0,01) Estação x ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação x ano de avaliação (P=0,01)
Massa de forragem total em pré-pastejo	Altura (P<0,0001) Estação (P<0,0001) Ano (P<0,0001)	Altura x ano de avaliação (P=0,04) Estação x ano de avaliação (P<0,0001)	
Relação folha:colmo no pré-pastejo	Ano (P=0,03) Estação (P<0,0001)	Estação x ano de avaliação (P=0,006)	
Relação folha:colmo no pós-pastejo	Altura (P=0,03)		
DPP total na época quente	Estação (P<0,0001)	Altura x estação (P=0,03) Estação x ano de avaliação (P=0,01)	Altura x estação x ano de avaliação (P=0,03)
DPP basal época quente no pré-pastejo	Estação (P=0,0003) Ano (P<0,0001)		
DPP aérea época quente no pré-pastejo	Ano (P<0,001)	Altura x ano de avaliação (P=0,05)	

Peso médio do perfilho no pré-pastejo durante a época quente	Altura (P<0,0001) Estação (P<0,0001) Ano (P=0,006)	Altura x ano de avaliação (P=0,02)	Altura x estação x ano de avaliação (P=0,001)
Meia-vida foliar	Altura (P<0,0001)		
Comprimento médio da lâmina foliar	Tipo de perfilho (P=0,002)		Altura x ano de avaliação (P<0,0001)
Taxa de aparecimento foliar	Altura (P<0,0001)		
Filocrono	Altura (P=0,005) Altura (P=0,0003) Tipo de perfilho (P=0,02)		
Taxa de alongamento foliar	Altura (P<0,0001)	Altura x ano de avaliação (P=0,0018)	
Taxa de senescência foliar	Altura (P<0,0001) Ano (P=0,02)	Altura x ano de avaliação (P<0,0001)	
Taxa de alongamento de colmo	Ano (P=0,003)		
Número de folhas vivas no perfilho	Tipo de perfilho (P<0,0001)		
Massa de invasoras	Altura (P=0,04) Altura (P<0,0001)		
Densidade populacional de perfilhos ao longo de todo o período experimental	Ano de avaliação (P=0,04) Estação (P<0,0001)	Estação x ano de avaliação (P=0,007)	
Densidade populacional de perfilhos basais ao longo de todo o período experimental	Estação (P=0,0001) Ano de avaliação (P=0,002)	Altura x ano de avaliação (P=0,05) Estação x ano de avaliação (P=0,005)	

Densidade populacional de perfilhos aéreos ao longo de todo o período experimental	Altura (P=0,01) Estação (P<0,0001) Ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação (P=0,04)	
Taxa de aparecimento de perfilho	Tipo de perfilho (P<0,0001)	Altura x ano de avaliação (P=0,02)	
Taxa de aparecimento de perfilho por estação do ano	Altura (P=0,001) Estação (P=0,0001) Ano de avaliação (P=0,001)	Altura x ano de avaliação (P=0,02) Altura x estação (P=0,0002) Estação x ano de avaliação (P=0,0005)	
Taxa de aparecimento de perfilho basal	Estação (P=0,006)	Estação x ano de avaliação (P=0,01)	
Taxa de aparecimento de perfilho aéreo	Estação (P=0,03)	Altura x estação (P=0,01) Estação x ano de avaliação (P=0,03)	
Taxa de mortalidade de perfilho	Ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação (P=0,0003) Altura x ano de avaliação (P=0,04) Estação x ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação x ano de avaliação (P=0,003)
Taxa de mortalidade de perfilho basal	Ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação (P=0,0001) Altura x ano de avaliação (P=0,03) Estação x ano de avaliação (P<0,0001)	Altura x estação x ano de avaliação (P=0,009)
Taxa de mortalidade de perfilho aéreo	Altura (P=0,04)	Estação x ano de avaliação (P=0,001)	



---

Densidade de touceiras	Ano de avaliação (P=0,0002)	Altura x ano de avaliação (P=0,03)
Distância entre touceiras	Altura (P=0,001) Ano de avaliação (P=0,003)	
Tamanho da copa da touceira	Altura (P<0,0001) Estação (P=0,02) Ano de avaliação (P=0,0001)	Altura x ano de avaliação (P=0,002) Estação x ano de avaliação (P=0,002)
Tamanho da base da touceira	Altura (P=0,0002) Estação (P<0,0001)	Altura x ano de avaliação (P=0,0004) Estação x ano de avaliação (P=0,02)

---