

**UIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA**

**ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOFISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE  
GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE DE DIFERENTES PORTES  
CONSORCIADOS COM CUNHÃ**

**RECIFE  
2021**

**PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA**

**ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOFISIOLÓGICOS E  
NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE DE  
DIFERENTES PORTES CONSORCIADOS COM CUNHÃ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

**Orientador:** Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

**Coorientadores:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mércia Virginia Ferreira dos Santos; Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

**RECIFE  
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S586a Silva, Pedro Henrique Ferreira da  
Aspectos produtivos, morfofisiológicos e nutricionais de genótipos de capim-elefante de diferentes portes consorciados com cunhã / Pedro Henrique Ferreira da Silva. - 2021.  
80 f. : il.
- Orientador: Marcio Vieira da Cunha.  
Inclui referências e apêndice(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2021.
1. Cenchrus purpureus. 2. Clitoria ternatea. 3. Consórcio gramínea-leguminosa. 4. Produtividade. 5. Valor nutritivo. I. Cunha, Marcio Vieira da, orient. II. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOFISIOLÓGICOS E  
NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE DE  
DIFERENTES PORTES CONSORCIADOS COM CUNHÃ**

Tese elaborada por  
PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

Aprovado em 28/10/2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior  
Universidade da Flórida

---

Prof. Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Valdson José da Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dra. Karina Guimarães Ribeiro  
Universidade Federal de Viçosa

## **DEDICATÓRIA**

Para minha mãe Marlene, meu avô José e minha segunda mãe Jeane (*in memoriam*), pelo apoio e amor incondicionais e pela minha formação como ser humano. E, enfim, a toda minha família por toda educação que me foi dada e, principalmente, pelo exemplo de força de vontade que me inspira todos os dias.

*“Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir”.*

**Friedrich Nietzsche**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e todos que, de alguma forma, participaram dessa minha caminhada.

À minha companheira de vida e de trabalho Tafnes, que teve contribuição fundamental na elaboração de toda a tese. Sem ela, este projeto de pesquisa não seria metade do que foi.

Aos grandes amigos do Grupo de Forragicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco que, de alguma forma, contribuíram para esta tese: Maikon, Lucas, Pedro, Aurielle, Chrislanne, Marilene, Géssica, Diana e Dayanne. E aos amigos que me receberam em Recife com muita hospitalidade, Vinícius e Rodolfo, além dos ensinamentos e da parceria durante todos estes anos.

Aos meus amigos-irmãos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que seguiram acompanhando minha trajetória no doutorado: Túlio, Lorhaine, Felipe e Guilherme.

Ao meu orientador Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha, por todos os ensinamentos e pela confiança depositada em mim ao longo destes quatro anos. Serei eternamente grato por todo o conhecimento transmitido.

Aos meus coorientadores Professora Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos e Professor Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello, por todo apoio durante a condução do projeto de pesquisa. Em particular, à Professora Mércia, que não mediu esforços para que eu permanecesse no curso, especialmente no início, que foi bastante difícil.

A toda a equipe de funcionários da Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, que não mediu esforços para a condução do experimento. Em especial, aos funcionários Evanílson, Jean, Natália e Jefferson, que sempre se dispuseram a resolver qualquer tipo de problema.

Por fim, à UFRPE, pela oportunidade de realizar o curso e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar aspectos produtivos, morfofisiológicos e nutricionais de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, sob monocultivo, e de seus respectivos consórcios com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.). Os genótipos Elefante B e IRI-381 (porte alto), Mott e Taiwan A-146 2.37 (anões) e a leguminosa foram avaliados em 2019 e 2020. Maior acúmulo de forragem anual ( $P < 0,0001$ ) ocorreu na colheita do Elefante B em monocultivo ( $19,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1} \text{ MS}$ ). A maior estabilidade de acúmulo de forragem ocorreu no consórcio 'Mott + cunhã' ( $\sigma_i^2 = 0,10$ ), enquanto o Elefante B sob monocultivo foi menos estável ( $\sigma_i^2 = 5,59$ ). Os maiores índices de competitividade da cunhã ocorreram nos consórcios com o Mott (3,31) e o Taiwan A-146 2.37 (3,14). As forragens colhidas do Taiwan A-146 2.37 em monocultivo e consorciado com a cunhã tiveram os melhores perfis proteicos, com maiores proporções ( $P < 0,0001$ ) de proteína solúvel verdadeira ( $610$  e  $621 \text{ g kg}^{-1} \text{ PB}$ , respectivamente) e menores de proteína insolúvel em detergente ácido ( $41$  e  $43 \text{ g kg}^{-1} \text{ PB}$ , respectivamente). Na forragem colhida do Mott e do Taiwan A-146 2.37, em monocultivo, foram observados maiores ( $P = 0,0148$ ) coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca ( $755$  e  $745 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente), enquanto as forragens obtidas via consórcio tiveram menor digestibilidade. Nos dosséis do genótipo Mott foram observados maiores coeficientes de extinção luminosa ( $0,47$ ), índice de área foliar ( $3,82$ ) e maiores teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) na forragem ( $181 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). Maiores teores de CNF também foram encontrados na forragem obtida via consórcio com a cunhã ( $178 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). O genótipo Elefante B, de porte alto, apresenta características morfológicas que favorecem a produção de forragem. Os genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37 apresentam características morfológicas que melhoram o valor nutritivo. A inclusão da cunhã no sistema aumenta a estabilidade para acúmulo de forragem. O consórcio da cunhã com genótipos de capim-elefante incrementa teores de proteína bruta com boa proporção de proteínas digestíveis, ao passo que reduz a digestibilidade da forragem. A composição morfológica e as características estruturais do genótipo anão Mott favorecem a síntese de carboidratos não-fibrosos nos tecidos vegetais. A inclusão da cunhã no sistema não reduz a eficiência do uso de luz pelas plantas e não compromete a penetração da radiação fotossinteticamente ativa até a base do dossel.

**Palavras-chave:** *Cenchrus purpureus*, *Clitoria ternatea*, competitividade, consórcio gramínea-leguminosa, produtividade, valor nutritivo



## GENERAL ABSTRACT

This study aimed to evaluate productive, morphophysiological and nutritional aspects of elephant grass genotypes (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.), with different sizes, under monocropping and from their intercrops with the butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). Elephant B and IRI-381 (tall-sized genotypes), besides the dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37 and the forage legume were assessed in 2019 and 2020. Greater annual herbage accumulation ( $P < 0.0001$ ) was observed in the harvesting of Elephant B under monocropping ( $19.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ). The greatest yield stability occurred in the ‘Mott + butterfly pea’ intercropping ( $\sigma_{i2} = 0.10$ ), while the Elephant B under monocropping was less stable ( $\sigma_i^2 = 5.59$ ). Greater butterfly pea’s competitiveness indexes were observed in the intercrops with dwarf Mott (3.31) and Taiwan A-146 2.37 (3.14). Forage harvested from Taiwan A-146 2.37 under monocropping and that one from its intercropping with the butterfly pea showed greater proportions ( $P < 0.0001$ ) of true soluble protein ( $610$  and  $621 \text{ g kg}^{-1} \text{ CP}$ , respectively) and lower ones of acid detergent insoluble protein ( $41$  and  $43 \text{ g kg}^{-1} \text{ CP}$ , respectively). In the forage harvested from dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37, under monocropping, there were greater ( $P = 0.0148$ ) coefficients of *in vitro* digestible dry matter ( $755$  and  $745 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively), while the forages obtained from the intercrops had lower digestibility. Greater coefficients of light extinction ( $0.47$ ), leaf area index ( $3.82$ ) and non-fiber carbohydrates content (NFC) ( $181 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ) were observed in the dwarf Mott canopies. Greater NFC content also was found in the forage obtained from the intercrops ( $178 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ). Elephant B, a tall-sized genotype, presents morphological traits that favor the forage production. Dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37 show morphological characteristics that favor the forage nutritional value. Butterfly pea’s inclusion in the system improves the stability for herbage accumulation. Butterfly pea’s inclusion enhances the crude protein content with a great proportion of digestible proteins, and reduces the forage digestibility. Both the morphological composition and structural traits of the dwarf Mott favor the synthesis of non-fiber carbohydrates in the vegetal tissue. Butterfly pea’s inclusion into the system does not reduce the light-use efficiency by plants, neither reduces the penetration of photosynthetically active radiation until the canopy basis.

**Keywords:** *Cenchrus purpureus*, *Clitoria ternatea*, competitiveness, grass-legume intercropping, productivity, nutritional value

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1.** Comparação do comprimento dos entrenós dos capins *Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI-381 (à esquerda) e Mott (à direita). ..... 3

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Precipitação mensal, temperatura média mensal e balanço hídrico do solo da área experimental em 2019 e 2020. Dados de precipitação e temperatura obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC 2020). ..... 20
- Figura 2.** Relação folha-colmo dos genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados em 2019 e 2020. .... 26
- Figura 3.** Composição botânica dos dosséis de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) consorciados com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), em 2019 e 2020. .... 27

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Precipitação mensal e temperaturas máxima, média e mínima nos anos de 2019 e 2020. Fonte: EECAC/UFRPE e APAC (2020). .... 49
- Figura 2.** Número de folhas vivas por perfilho (NFVP) de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes avaliados em 2019 e 2020. .... 54

### APÊNDICES

- Apêndice 1.** Croqui da área experimental, com parcelas formadas por genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) em monocultivo ou consorciados com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.). .... 65
- Apêndice 2.** Parcela experimental do consórcio entre o genótipo ‘Taiwan A-146 2.37’ e a cunhã (*Clitoria ternatea* L.). .... 66
- Apêndice 3.** Área experimental no dia 26/05/2019 (A), e no dia 12/02/2020 (B). .... 67

## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO DE LITERATURA

<b>Tabela 1.</b> Massa de forragem, composição morfológica e relação folha:colmo de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) em trabalhos científicos conduzidos nos últimos 25 anos (valores médios gerais de cada experimento).....	6
--	---

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.</b> Acúmulo de forragem, por colheita e por ano, obtida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	25
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros de variância da estabilidade ( $\sigma_i^2$ ) de produção de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.), consorciados ou não com a cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em oito colheitas realizadas de 2019 a 2020. ....	25
<b>Tabela 3.</b> Comprimento dos entrenós e espessura de colmo de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.), em 2019 e 2020.....	27
<b>Tabela 4.</b> Taxa de equivalência de área (TEA) e índice de competitividade dos genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	28
<b>Tabela 5.</b> Teores de cinzas ( $\text{g kg}^{-1}$ MS) da forragem colhida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	28
<b>Tabela 6.</b> Teores fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), e de lignina da forragem obtida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020 .....	29
<b>Tabela 7.</b> Teores de proteína bruta (PB) e proporções de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) da forragem colhida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	30
<b>Tabela 8.</b> Proporções de proteína solúvel verdadeira (PSV – fração B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub> ) e proteínas insolúveis em detergente ácido (PIDA) da forragem obtida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, de 2019 a 2020 .....	30
<b>Tabela 9.</b> Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca da forragem obtida de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, de 2019 a 2020.....	31

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo da área experimental em 2019, Carpina, Pernambuco, Brasil.....	50
<b>Tabela 2.</b> Acúmulo de folhas, por colheita e por ano, de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	52

<b>Tabela 3.</b> Porcentagens de lâminas foliares (LF), colmos (C) e material morto (MM) dos genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes, além da porcentagem de folhas da cunhã (F) consorciada com os respectivos genótipos, em 2019 e 2020. ....	53
<b>Tabela 4.</b> Densidade da forragem (kg ha <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> ) de dosséis formados por genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.), em 2019 e 2020.....	54
<b>Tabela 5.</b> Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF) e coeficiente de extinção luminosa ( <i>k</i> ) de dosséis formados por genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.), em 2019 e 2020 .....	55
<b>Tabela 6.</b> Eficiência do uso de radiação (g MS <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> ) de dosséis genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) com diferentes portes, consorciados ou não à cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.), em 2019 e 2020 .....	56
<b>Tabela 7.</b> Teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) de genótipos de capim-elefante ( <i>Cenchrus purpureus</i> Schum. Syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã ( <i>Clitoria ternatea</i> L.) em consórcio, em 2019 e 2020.....	56

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 Capim-elefante de porte alto.....	3
2.2 Capim-elefante anão.....	4
2.3 Manejo de capineiras.....	6
2.4 Consórcio entre genótipos de capim-elefante e leguminosas .....	8
2.5 Cunhã.....	9
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I – Respostas agronômicas e valor nutritivo de genótipos de capim-elefante, com diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã</b>	
<b>1. RESUMO</b> .....	16
<b>2. ABSTRACT</b> .....	17
<b>3. INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
4.1 Locais do experimento e condições climáticas .....	19
4.2 Implantação, tratamentos e delineamento experimental.....	20
4.3 Avaliações de campo.....	21
4.4 Procedimentos laboratoriais.....	22
4.5 Análises estatísticas.....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
5.1 Resultados.....	24
5.1.1 Aspectos produtivos.....	24
5.1.2 Características morfológicas e estruturais.....	26
5.1.3 Competitividade das espécies .....	27
5.1.4 Valor nutritivo.....	28
5.2 Discussão.....	31
5.2.1 Aspectos produtivos.....	31
5.2.2 Competitividade das espécies .....	33
5.2.3 Valor nutritivo.....	34
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	37
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>CAPÍTULO II – Eficiência do uso de luz e estrutura do dossel de genótipos de capim-elefante, com diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã</b>	
<b>1. RESUMO</b> .....	45
<b>2. ABSTRACT</b> .....	46
<b>3. INTRODUÇÃO</b> .....	47
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	48
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
5.1 Resultados.....	52
5.2 Discussão.....	56
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	60
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	61
<b>APÊNDICES</b> .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das forrageiras mais importantes na pecuária brasileira, utilizada em regiões tropicais e subtropicais. A espécie, cujo centro de origem é a África, apresenta ampla variabilidade de genótipos, com cinco grandes grupos morfológicos: Cameroon, Napier, Merker, Anão e Híbridos específicos (SILVA et al., 2021a).

A primeira cultivar introduzida no Brasil foi o capim Napier e, a partir de então, popularizou-se o cultivo da espécie no país. Logo após a introdução da espécie, em 1924, o Ministério da Agricultura organizou um plano de distribuição das cultivares trazidas para os estados da Federação (LIRA et al., 2010). As variedades A (capim Napier) e B (capim Merker ou Elefante B) foram introduzidas no estado do Pernambuco e avaliadas em estudos conduzidos no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em parceria com a UFRPE. Nessa época, acredita-se que a variedade B tenha sido preterida ao capim Napier, que nas avaliações de teste apresentou maior produtividade e melhor qualidade da forragem (LIRA et al., 2010).

Somente em 1991, entretanto, a Embrapa Gado de Leite iniciou o primeiro programa de melhoramento genético da espécie, a partir do estabelecimento do banco de germoplasma do capim-elefante (BAGCE). Atualmente, o BAGCE conta com, aproximadamente, 117 clones de diferentes regiões do país (PEREIRA et al., 2017). Já no estado de Pernambuco, o programa de melhoramento foi criado pelo IPA, em parceria com a UFRPE, em 1995. O banco de germoplasma dispõe atualmente de 81 materiais, também originários de vários locais do país (LIRA et al., 2010).

Atualmente, o porte do capim-elefante tem sido alvo de investigação nas pesquisas científicas (PEREIRA et al., 2017; SILVA et al., 2021a). Os genótipos de porte alto são amplamente cultivados em capineiras (CUNHA et al., 2007; CUNHA et al., 2011; VIANA et al., 2015), porém o uso de capins de porte baixo tem ganhado projeção nas últimas décadas, até mesmo sob manejo de corte (WILLIAMS; HANNA, 1995; SOUZA et al., 2021; SILVA et al., 2021b). Genótipos anões geralmente apresentam maior relação folha-colmo (RFC) e, conseqüentemente, maior valor nutritivo quando comparados aos genótipos de porte alto (SOUZA et al., 2017; VIANA et al., 2018; SILVA et al., 2021a).

A interação com o ambiente também pode modificar os aspectos morfológicos do capim-elefante, via mecanismos de adaptação da planta. O capim-elefante apresenta alta plasticidade fenotípica frente aos mais diversos tipos de manejo e fatores ecológicos (GOMIDE; GOMIDE, 2013). Desta forma, aspectos como perfilhamento, reservas orgânicas e índice de área foliar

(IAF) residual afetam de forma significativa a produção, a qualidade da forragem e a perenidade da cultura (SINGH, 2013) e, conseqüentemente, podem influenciar suas formas de utilização. Dessa forma, a caracterização morfológica da planta pode ser decisiva no sucesso do manejo (SILVA et al., 2021a).

Por outro lado, o monocultivo do capim-elefante, em caso de não reposição de nutrientes e manejo de colheita inadequado, pode comprometer a produtividade e a perenidade da cultura (DOURADO et al., 2019). Sistemas de cultivo consorciados entre gramíneas e leguminosas forrageiras podem aumentar o aporte de nitrogênio, reduzir impactos ambientais e uso de fertilizantes químicos, além de aumentar a ciclagem de nutrientes no ecossistema formado (VIRGONA et al., 2013; BODDEY et al., 2020). A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) é uma leguminosa de hábito de crescimento volúvel e apresenta elevada produtividade que pode chegar a 30.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) em condições climáticas favoráveis. Isto confere a ela um bom potencial para ser manejada sob corte, em um consórcio com o capim-elefante (GOMEZ; KALAMANI, 2003; ANDRADE et al., 2015; LEMOS et al., 2021). Entretanto, o porte da gramínea pode ser decisivo para o sucesso do consórcio, principalmente considerando a competição por recursos e a estrutura do dossel formado (ROSSIELO; ANTUNES, 2012; ANDRADE et al., 2015).

A hipótese deste trabalho é que consórcios entre genótipos de capim-elefante e a cunhã, além do próprio porte da gramínea, modificam a produtividade, a estrutura do dossel formado e o valor nutritivo da forragem, quando comparados ao monocultivo dos genótipos de capim-elefante. Com base nesse contexto, o objetivo desta tese foi avaliar aspectos produtivos e morfofisiológicos, além da composição química e a digestibilidade de genótipos de capim-elefante, de diferentes portes, sob monocultivo ou consorciados com a cunhã. No Capítulo I, aspectos produtivos, nutricionais e de competição entre as espécies foram abordados. Já no Capítulo II, a estrutura dos dosséis formados e a eficiência do uso de luz foram alvos de investigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

O porte do capim-elefante é uma característica que influencia a forma de exploração da espécie, já que proporciona diferenças morfofisiológicas, nutricionais e de produtividade importantes (PEREIRA et al., 2017; SILVA et al., 2021a; SILVA et al., 2021b). Desta forma, decisões de manejo podem e devem ser tomadas considerando o porte alto ou baixo do capim-elefante utilizado. Quando cultivado em capineiras e manejado sob corte, uma série de aspectos

morfofisiológicos do capim-elefante devem ser considerados para garantir produtividade e perenidade da cultura (LIRA et al., 2010; SINGH, 2013).

Por outro lado, a inclusão de leguminosas em capineiras de capim-elefante requer decisões que passam pela escolha da espécie, além de considerações sobre a competitividade interespecífica, a possibilidade de manejo sob corte da própria leguminosa, o aumento de produtividade do sistema formado, a melhora do valor nutritivo da forragem colhida e outros serviços ambientais adquiridos com o consórcio (ANDRADE et al., 2015; DUBEUX et al., 2019; OGUIS et al., 2019). Esses aspectos foram considerados nesta revisão de literatura.

## 2.1 Capim-elefante de porte alto

Os capins de porte alto apresentam padrões morfológicos comuns entre si, tais como o no longo comprimento de seus colmos (Figura 1). Isto é resultado do rápido alongamento de seus entrenós e tem influência significativa sobre a produção de matéria seca (PEREIRA et al., 2017).



**Figura 1.** Comparação do comprimento dos entrenós dos capins *Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI-381 (A) e Mott (B). Fonte: Silva et al. (2021a).

Os genótipos de porte alto também apresentam elevado diâmetro de colmo, devido às suas paredes celulares espessas, compostas por vasos lignificados e anéis de esclerênquima (VIANA et al., 2018) responsáveis pela sustentação das plantas. Budiman et al. (2012) compararam o diâmetro de colmo do capim King (porte alto, do grupo Napier) ao do capim



Mott (grupo Anão) e relataram superioridade da cultivar King (1,3 contra 1,0 cm para o capim Mott). Além disso, naturalmente há uma elevada proporção de perfilhos basais presentes nesses genótipos (PACIULLO et al., 2003). A combinação destes fatores reflete na composição morfológica e no valor nutritivo dos genótipos de porte alto, geralmente menor quando comparado àquele dos genótipos anões. Souza et al. (2017) observaram menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca no genótipo de porte alto CNPGL 96-27-3 (549 g kg<sup>-1</sup>) do que no genótipo de porte baixo CNPGL 96-24-1 (643 g kg<sup>-1</sup>).

Outro aspecto importante para as gramíneas, além das características morfológicas, são as reservas orgânicas. A partição de moléculas orgânicas como amido e sacarose depende, basicamente, de uma relação fonte-dreno, que ocorre das raízes ou da coroa da planta em direção às folhas (TAIZ et al., 2017). Embora essa dinâmica tenha bastante influência do manejo de desfolhação e das condições edafoclimáticas (SINGH, 2013), é possível considerar que exista diferença entre os teores de carboidratos de reserva de genótipos altos e baixos.

Silva et al. (2015) avaliaram a composição química de raízes do genótipo IRI-381 pastejado por novilhas mestiças Holandês × Zebu. Os autores observaram teores de N-total médios de 10 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica (MO), enquanto os teores médios de C foram de 338 g kg<sup>-1</sup>. Ribeiro (2019) observou maiores teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) na base do colmo para o Elefante B (221 g kg<sup>-1</sup>), em comparação ao Taiwan A-146 2.37 (180 g kg<sup>-1</sup>). Isto porque os capins de porte alto apresentam raízes mais profundas do que gramíneas de porte menor, além de touceiras densas, colmos grossos e uma coroa ampla (ALENCAR et al., 2009; REIS et al., 2013). Esses fatores sugerem que cultivares de porte alto, na maior parte dos casos, podem apresentar mais carboidratos de reserva que os clones de porte baixo (SOUZA et al., 2021).

Todos esses fatores explicam uma série de atributos conhecidos dos capins de porte alto, como elevada produtividade, maior número de perfilhos basais e menor densidade da forragem (CUNHA et al., 2011; SILVA et al., 2021a). Tais atributos permitem maior número de colheitas ao longo do ano e facilitam o corte manual da forragem. Desta forma, os genótipos de porte alto são preferencialmente explorados em capineiras (SINGH, 2013), embora também exista a possibilidade de manejo desses clones sob pastejo.

## 2.2 Capim-elefante anão

O interesse em utilizar genótipos anões na pecuária foi renovado consideravelmente nas últimas décadas, especialmente após o registro da cultivar Mott, em 1988 (SOLLENBERGER

et al., 1989; WILLIAMS; HANNA, 1995). Os capins do grupo anão apresentam características morfológicas, estrutura do dossel, produção e qualidade da forragem peculiares para a espécie. O comprimento curto dos entrenós e a elevada proporção de folhas favorecem fortemente a qualidade da forragem produzida (LIRA et al., 2010).

O capim-elefante anão apresenta menores porcentagens de colmo, maiores de folhas (Tabela 1) e maior número de entrenós, quando comparado aos genótipos altos (PEREIRA et al., 2017). Tais particularidades refletem maior relação folha-colmo, maior número de folhas vivas por perfilho, menor altura e maior densidade da forragem (GOMIDE et al., 2015). Todos esses fatores contribuem para um melhor valor nutritivo (ANDRADE et al., 2016).

Outro aspecto importante para o manejo de gramíneas forrageiras é o índice de área foliar (IAF), que reflete a dinâmica de crescimento da vegetação e representa a área que uma face da lâmina foliar ocupa em relação ao solo (WATSON, 1947; GOMIDE; GOMIDE, 2013; DA SILVA et al., 2015). O IAF é influenciado diretamente pela densidade populacional de perfilhos, número de folhas por perfilho e comprimento final das folhas. Porém, ao considerar o IAF em dosséis de gramíneas tropicais, a relação folha-colmo é outro aspecto que modifica significativamente o IAF (DA SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007). Assim, como os dosséis formados por capim-elefante anão apresentam maior relação folha-colmo, número de folhas por perfilho e densidade populacional de perfilhos, geralmente apresentam maior IAF quando comparados àqueles formados por capins de porte alto; isto, sob mesmo manejo e condições edafoclimáticas. Cunha et al. (2011) observaram IAF de 2,8 para os genótipos Mott e Taiwan A-146 2.114, avaliados sob corte, enquanto os valores encontrados para os genótipos Elefante B e IRI-381, de porte alto, foram apenas 2,3 e 2,2, respectivamente.

Nos estudos científicos das últimas décadas (Tabela 1), as características produtivas e morfológicas dos genótipos, de porte alto e baixo, têm sido alvo de investigação. Apesar das diferenças de condições experimentais de cada estudo, sobretudo a respeito das condições edafoclimáticas e dos manejos adotados para a colheita da forragem, os resultados de pesquisa são consistentes e apontam diferenças morfológicas e de produção entre esses grupos morfológicos.

Vale ressaltar que as condições edafoclimáticas apresentam influências consideráveis sobre a susceptibilidade do capim-elefante a certas doenças e pragas, independente do porte do genótipo. Os períodos chuvosos do ano tornam o capim-elefante mais susceptível à mancha ocular, causada pelo fungo *Helminthosporium sacchari* E.J. Butler, e ataques da cigarrinha das

pastagens (*Zuila entreriana*) na fase de pupa (VALÉRIO; NAKANO, 1998; PANDEY; ROY, 2011; SILVA et al., 2016).

**Tabela 1.** Acúmulo de forragem, composição morfológica e relação folha:colmo de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) em trabalhos científicos conduzidos nos últimos 25 anos (valores médios gerais de cada experimento). Fonte: Silva et al. (2021a).

Referência	País	Porte	AF <sup>1</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	Composição morfológica		RFC <sup>4</sup>
				LF <sup>2</sup> (%)	C <sup>3</sup> (%)	
Williams & Hanna (1995)	EUA <sup>5</sup>	Baixo	2,33	92,0	8,5	11,50
Queiroz Filho et al. (1998)	Brasil	Alto	8,58	46,1	53,8	0,87
Queiroz Filho et al. (2000)	Brasil	Alto	5,79	53,2	46,8	1,21
Carvalho et al. (2005)	Brasil	Alto	4,29	32,6	35,8	0,91
Zewdu (2008)	Etiópia	Alto	4,24	51,8	48,2	1,13
Jorgensen et al. (2010)	Tailândia	Baixo	2,92	73,0	20,1	3,62
Budiman et al. (2012)	Índia	Baixo	1,79	-	-	9,24
Gomide et al. (2015)	Brasil	Baixo	-	49,7	42,2	1,34
Kebede et al. (2016)	Etiópia	Baixo	2,45	-	-	2,37
Dourado et al. (2019) <sup>6</sup>	Brasil	Alto	13,03	21,3	24,2	0,88

<sup>1</sup>Acúmulo de forragem com base nos teores de matéria seca (t ha<sup>-1</sup> MS); <sup>2</sup>Lâminas foliares; <sup>3</sup>Colmos; <sup>4</sup>Relação folha:colmo; <sup>5</sup>Estados Unidos da América; <sup>6</sup>Massa de forragem apenas das lâminas foliares.

### 2.3 Manejo de capineiras

Capineiras são instalações nas quais plantas forrageiras são cultivadas, geralmente em áreas reduzidas, comparativamente às pastagens, e colhidas manual ou mecanicamente, podendo ser fornecidas frescas aos animais, ou ainda conservadas nas formas de feno ou silagem (LIRA et al., 2010). Capineiras apresentam algumas vantagens em relação à sua utilização como a necessidade de menores áreas agricultáveis para cultivo, elevada produtividade de forragem em função da renovação quase que total dos tecidos, além das menores perdas de forragem pelo manejo de desfolha, considerando como se dá o corte e a colheita da forragem (VILELA et al., 2016). Entretanto, deve-se considerar que o manejo da colheita e fornecimento da forragem aos animais podem aumentar o custo de produção; e que naturalmente há uma redução da ciclagem de nutrientes devido à formação de pouca ou nenhuma serapilheira (JANK et al., 2013).

A formação de capineiras em relevos que variem de plano a suave ondulado minimiza processos erosivos dos solos e facilita a mão-de-obra, devido ao hábito de crescimento cespitoso do capim-elefante. O uso de adubação e irrigação é recomendável, entretanto, dependendo do nível tecnológico do produtor, condições edafoclimáticas e da disponibilidade de água (ALENCAR et al., 2009).

Além disso, a forma de propagação do capim-elefante é vegetativa, com o plantio de seus colmos em sulcos ou covas. Desta forma, as brotações dos meristemas intercalares geram as novas plântulas que irão compor o dossel. Entretanto, deve-se levar em consideração a dominância dos meristemas apicais nesses colmos, que impedem as brotações dos meristemas intercalares devido à concentração de auxinas (TAIZ et al., 2017). Caso as brotações não sejam uniformes, poderão ocorrer falhas na capineira. Dessa forma, o plantio dos colmos nos sulcos deve ser “pé-com-ponta”, ou seja, um colmo deve sobrepor o anterior em seu terço final para evitar que a dominância apical prejudique a população de plantas (LIRA et al., 2010). Ribeiro (2019) observou que os genótipos Elefante B e IRI-381, de porte alto, se estabeleceram mais rápido (60 dias) e com maior porcentagem de brotação (94%), quando comparados aos genótipos de porte baixo Taiwan A-146 e Mott (68 e 71 dias; 89% de brotações, respectivamente).

Outro aspecto importante para o manejo sob corte é a capacidade de perfilhamento basal. Um maior número de perfilhos basais do que aéreos permite maior massa e acúmulo de forragem, já que essa classe de perfilhos é mais pesada e proporciona um crescimento mais vertical das plantas (FERNANDES et al., 2016). Silva et al. (2010) avaliaram o número de perfilhos basais e aéreos de 54 clones de capim-elefante de porte alto, sob corte, e verificaram média de 27 perfilhos basais e apenas 3 perfilhos aéreos por metro linear. Além da capacidade de perfilhamento basal dos genótipos, elevadas intensidades de corte são importantes para evitar perfilhamento lateral. A frequência de colheita também é importante para conciliar acúmulo de forragem e bom valor nutritivo. Assim, no Brasil, uma recomendação generalizada da colheita do capim-elefante manejado sob corte se dá entre 60 e 90 dias de rebrota (VALADARES FILHO et al., 2016). Neste momento, a altura da planta será de 150 a 400 cm, considerando a ampla variedade de genótipos de porte alto, em especial a cultivar recém-lançada BRS Capiapu, caracterizada por uma elevada taxa de crescimento (LIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2017).

Quando manejado sob corte, a capacidade de rebrota do capim depende mais dos carboidratos de reserva do que o IAF residual (LIRA et al., 2010). Como esses carboidratos estão concentrados, principalmente, na base do colmo da planta, colmos grossos e formação de grandes touceiras são características desejáveis neste sentido (JANK et al., 2013; SILVA et al., 2016). O capim Mott, apesar de ser um capim anão, também apresenta essas qualidades (ANDRADE et al., 2016). Ribeiro (2019) observou maiores teores de CNF na base do colmo do capim Mott (248 g kg<sup>-1</sup>) em comparação ao clone de porte alto IRI-381 (200 g kg<sup>-1</sup> MS).

Especialmente em propriedades cuja mão de obra é familiar, o manejo sob corte de genótipos como o capim Mott pode ser uma alternativa importante (LIRA et al., 2010).

#### 2.4 Consórcio entre genótipos de capim-elefante e leguminosas

Normalmente, o capim-elefante é cultivado de forma exclusiva em capineiras. Em caso de não-reposição de nutrientes do solo e de manejo inadequado, reduções de produtividade da forragem e a perenidade da cultura podem ocorrer ao longo do tempo (REIS et al., 2013). Por outro lado, nos últimos anos, o interesse por sistemas consorciados entre gramíneas e leguminosas tem aumentado. O consórcio gramínea-leguminosa pode oferecer algumas vantagens como: (i) aporte de nitrogênio por parte da leguminosa via serapilheira, principalmente; (ii) redução dos impactos ambientais devido à redução do uso de fertilizantes químicos e ciclagem de nutrientes mais eficiente; e (iii) aumento do valor nutritivo da forragem, já que leguminosas frequentemente apresentam maior digestibilidade e teores de proteína bruta quando comparadas às gramíneas (MUIR et al., 2019; BODDEY et al., 2020). Porém, vale ressaltar que resultados de pesquisa sobre valor nutricional de leguminosas forrageiras tropicais têm sido controversos neste sentido (CASTRO-MONTOYA; DICKHOEFER, 2020).

O porte da planta e os aspectos morfofisiológicos do capim-elefante podem ser decisivos neste tipo de consórcio. A competição interespecífica por recursos como luz, água e nutrientes do solo pode representar implicações severas e proporcionar o desaparecimento da leguminosa (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Seibt et al. (2018) avaliaram composição botânica de pastos consorciados entre capim-elefante Merkeron Pinda (porte alto) e leguminosas como o trevo (*Trifolium vesiculosum* Savi cv. Yuchi) e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg. cv. Amarillo), durante seis ciclos de pastejo de novilhas Holandesas. Os autores observaram maior proporção de amendoim (30%) em comparação ao trevo (9%) nas respectivas pastagens. Dessa forma, o porte alto do genótipo provocou sombreamento do trevo, que quase desapareceu. O mesmo não ocorreu com o amendoim forrageiro devido a sua forma de propagação na pastagem (CRESTANI et al., 2013; VIEIRA et al., 2019).

Segundo Andrade et al. (2015), há boa compatibilidade do consórcio quando gramíneas e leguminosas apresentam hábitos de crescimento cespitoso e volúvel, respectivamente. Porém, vale lembrar que mesmo as leguminosas volúveis apresentam variações morfológicas consideráveis (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018; MUIR et al., 2019; BOODEY et al., 2020). Logo, outras espécies podem ser ainda mais compatíveis com o capim-elefante em um consórcio.

## 2.5 Cunhã

A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) apresenta-se como uma leguminosa tropical perene, com hábito de crescimento volúvel. A espécie é originária da Ásia, adapta-se bem às variações de latitude e condições de seca, possui raízes profundas e é propagada por sementes. Desta forma, pode ser manejada de diferentes formas: sob pastejo, em bancos de proteína, fornecida no cocho, fenada, consorciada com gramíneas e mesmo como adubação verde (GOMEZ; KALAMANI, 2003; OGUIS et al., 2019; HEDAYETULLAH; ZAMAN, 2019). Além disso, apresenta alto teor de beta caroteno (precursora da vitamina A) em sua composição e também é frequentemente utilizada em ornamentação de ambientes (MOHAMMED, 2013).

A cunhã apresenta elevada produtividade (que pode chegar a 30.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> MS) e bom valor nutritivo, fato que confere a ela bom potencial em ser manejada sob corte. Seus teores de proteína bruta podem variar de 180 a 270 g kg<sup>-1</sup>, valores considerados altos para leguminosas tropicais (GOMEZ; KALAMANI, 2003; SHAMNAD et al., 2019; LEMOS et al., 2021). Teixeira et al. (2010) avaliaram aspectos agrônômicos e bromatológicos de leguminosas tropicais manejadas sob corte e observaram maior teor de PB nas folhas da cunhã (270 g kg<sup>-1</sup>), comparativamente à outras seis espécies.

Além disso, tem hábito de crescimento volúvel e, por isso, pode ter boa compatibilidade em um consórcio com o capim-elefante (ANDRADE et al., 2015). Neste sentido, Araújo Filho et al. (1996) avaliaram sistemas de cultivos solteiros de capim-elefante e consorciados entre capim-elefante e cunhã, em quatro intervalos de corte (42, 56, 70 e 84 dias) durante 3 anos. Os autores observaram que a produção de matéria seca foi maior nos cultivos consorciados do que no monocultivo do capim-elefante (24,60 e 13,60 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente). Os autores observaram também teores de proteína bruta (PB) maiores no cultivo consorciado (71 g kg<sup>-1</sup> MS), comparativamente ao monocultivo (65 g kg<sup>-1</sup> MS).

## 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B. et al. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 98-108, 2009.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: **Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25. 2015, Fortaleza. Dimensões tecnológicas e sociais da Zootecnia: anais. Fortaleza: ABZ, 2015. 2015.

ANDRADE, E. A. et al. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass with or without access to *Arachis pintoi* pastures. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1684-1688, 2016.

ARAÚJO FILHO, J. A. et al. Consorciação do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob quatro intervalos de corte. **Pasturas Tropicales**, v. 18, n. 1, p. 47-50, 1996.

BODDEY, R. M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 357-371, 2020.

BUDIMAN, B. et al. Morphological characteristics, productivity and quality of three napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum) cultivars harvested at different age. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 37, n. 4, p. 294-301, 2012.

CARVALHO, C. A. B. et al. Composição morfológica da pastagem de capim-elefante em relação à altura de resíduo pós-pastejo e classes de perfilhos. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n. 1, p. 45-54, 2005.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, e114641, 2020.

CRESTANI, S. et al. Steers performance in dwarf elephant grass pastures alone or mixed with *Arachis pintoi*. **Tropical animal health and production**, v. 45, n. 6, p. 1369-1374, 2013.

CUNHA, M. V. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 482-488, 2011.

CUNHA, M. V. et al. Genótipos de capim-elefante sob pastejo no período de seca na Zona da Mata de Pernambuco: fatores relacionados à eficiência de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 291-300, 2007.

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

DOURADO, D. L. et al. Canopy structure and forage nutritive value of elephantgrass subjected to different stocking rate and N fertilization in the “Mata Seca” ecoregion of Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

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.

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics—an overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 374-379, 2003.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51-57, 2015.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Morfofisiologia de gramíneas forrageiras. In: REIS, R.A. et al. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. (Ed. 1). Jaboticabal, SP: Funep, 2013. p. 31-46.

HEDAYETULLAH, Md; ZAMAN, P (Ed.). **Forage Crops of the World, Volume I: Major Forage Crops**. Oakville, ON: Apple Academic Press, 2019. 377p.

JANK, L. et al. Gramíneas de clima tropical. In: REIS, R.A. et al. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. (Ed. 1). Jaboticabal: Funep, 2013. p. 109-119.

JORGENSEN, S. T. et al. Cultivar-by-cutting height interactions in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) grown in a tropical rain-fed environment. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B—Soil and Plant Science**, v. 60, n. 3, p. 199-210, 2010

KEBEDE, G. et al. Agronomic Performance and Nutritive Values of Napier Grass in the Central Highland of Ethiopia. **Results of Livestock Research**, p. 17-30, 2016.

LEMOS, M. F. et al. Grass size and butterfly pea inclusion modify the nutritional value of elephant grass silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02409, 2021.

LIRA, M. A. et al. **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife, PE: IPA/UFRPE, 2010. 229p.

MOHAMMED, S. A. A. Effect of weed control on growth and seed production of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) under Rainfed Conditions at Zalingei Western Darfur State-Sudan. **ARPN J Sci Technol**, v. 3, p. 523-528, 2013.

MUIR, J. P. et al. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. e5648, 2019.

OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.



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.

PANDEY, K. C.; ROY, A. K. **Forage Crops Varieties**. Nova Deli, Índia: IGFRI Jhansi, 2011. 84 p.

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.

QUEIROZ FILHO, J. L. et al. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2000.

QUEIROZ FILHO, J. L. et al. Produção de matéria seca e qualidade de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 262-266, 1998.

REIS, R.A. et al. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. (Ed. 1). Jaboticabal, SP: Funep, 2013. 714p.

RIBEIRO, R. E. P. **Estabelecimento, respostas produtivas e morfológicas de genótipos de *Pennisetum* sp. de diferentes portes sob corte e irrigação**. 2019. 107f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

ROSSIELLO, R. O. P.; ANTUNES, M. A. H.; Solar radiation utilization by tropical forage grasses: light interception and use efficiency. In: BABATUNDE, E. B. et al. **Solar Radiation**. Rijeka: InTech., 2012. p. 221-244.

SANCHÊS, S. S. C. et al. Quantitative anatomy and in situ ruminal degradation parameters of elephant grass under different defoliation frequencies. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 166-177, 2018.

SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

SEIBT, D. C. et al. Forage production in mixed grazing systems of elephant grass with arrowleaf clover or forage peanut. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 174-180, 2018.

SHAMNAD, J. Mineral and nutritional potential of *Clitoria ternatea* L. variants as forage. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 57, n. 2, 2020.

SILVA, A. L. C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2132- 2140, 2010.

SILVA, M. C. et al. Characters of *Pennisetum* spp. used for the initial selection in the genetic improvement program for elephant grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2035-2042, 2016.

SILVA, H. M. S. et al. Stocking rate and nitrogen fertilization affect root decomposition of elephantgrass. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1331-1338, 2015.

SILVA, J. K. B. et al. Dwarf versus tall elephant grass in sheep feed: which one is the most recommended for cut-and-carry?. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 1-14, 2021b.

SILVA, P. H. F. et al. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects, cut-and-carry and grazing management. **Ciência Rural**, v. 51, e20200848, 2021a.

SINGH, B. P. **Biofuel crops: production, physiology and genetics**. (Ed). Oxford, UK: CABI, 2013. 631p.

SOLLENBERGER, L. E. et al. Registration of 'Mott' dwarf elephantgrass. **Crop Science**, v. 29, p. 827-828, 1989.

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 elephantgrass Ggenotypes under irrigation as forage sources for ruminants: Herbage accumulation and nutritive value. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2392, 2021.

TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agrônômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 245-254, 2010.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 2017. 811p.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em: <[www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br)>.

VALÉRIO, J. R.; NAKANO, O. Danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 5, p. 447-453, 1988.

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.

VIANA, B. L. et al. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1268-1275, 2018.

VILELA, D. et al. **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 435p.

VIRGONA, J. M. et al. Australian legume research—synthesis and future directions. **Crop and Pasture Science**, v. 63, n. 9, p. 918-926, 2013.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v. 11, n. 41, p. 41-76, 1947.

WILLIAMS, M. J.; HANNA, W. W. Performance and nutritive quality of dwarf and semi-dwarf elephantgrass genotypes in the south-eastern USA. **Tropical Grasslands**, v. 29, p. 122-122, 1995.

ZEWDU, T. Effect of plant density on morphological characteristics, yield and chemical composition of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **East African Journal of Sciences**, v. 2, n. 1, p. 55-61, 2008.

## **CAPÍTULO I**

---

**Respostas agronômicas e valor nutritivo de genótipos de capim-elefante de diferentes portes consorciados com cunhã**

## 1. RESUMO

O monocultivo do capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) em capineiras, em casos de não-reposição de nutrientes do solo e manejo inadequado, pode reduzir produtividade e persistência. A inclusão de leguminosas no sistema pode atenuar esses problemas. Objetivou-se avaliar produtividade, competitividade e valor nutritivo de genótipos de capim-elefante de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.). Os genótipos Elefante B e IRI-381 (porte alto), além de Mott e Taiwan A-146 2.37 (anões), foram consorciados com a leguminosa em 2019 e 2020, sob frequência de colheita de 60 dias. Maior acúmulo de forragem por ano ( $P < 0,0001$ ) ocorreu na colheita do genótipo Elefante B em monocultivo ( $19,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1} \text{ MS}$ ). Maiores estabilidades para acúmulo de forragem foram observadas nos consórcios dos genótipos com a cunhã, com o menor parâmetro de variância observado no consórcio ‘Mott + cunhã’ ( $\sigma_i^2 = 0,10$ ). O Elefante B sob monocultivo foi o tratamento menos estável ( $\sigma_i^2 = 5,59$ ). Os maiores índices de competitividade da cunhã ocorreram nos consórcios com o Mott (3,31) e Taiwan A-146 2.37 (3,14). As forragens colhidas do genótipo Elefante B, de porte alto, tiveram maiores teores de FDN ( $685 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e lignina ( $55 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). Maiores teores de PB ( $P < 0,0001$ ) foram observados na forragem colhida do Taiwan A-146 2.37 ( $121 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e do sistema de consórcio com a cunhã ( $113 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). As forragens colhidas do genótipo anão Taiwan A-146 2.37 em monocultivo e consorciado com a cunhã tiveram os melhores perfis proteicos, com maiores proporções ( $P < 0,0001$ ) de proteína solúvel verdadeira ( $610$  e  $621 \text{ g kg}^{-1} \text{ PB}$ , respectivamente) e menores de PIDA ( $41$  e  $43 \text{ g kg}^{-1} \text{ PB}$ , respectivamente). Na forragem colhida dos genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37, em monocultivo, foram observados maiores ( $P = 0,0148$ ) coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca ( $755$  e  $745 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente), enquanto as forragens obtidas via consórcio tiveram menor digestibilidade. O genótipo Elefante B, de porte alto, apresenta características morfológicas que favorecem a produção, enquanto as morfologias dos genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37 melhoram o valor nutritivo da forragem. A inclusão da cunhã no sistema proporciona maior estabilidade para acúmulo de forragem. Sob intervalos de colheita de 60 dias, o consórcio da cunhã com genótipos de capim-elefante incrementa teores de proteína bruta com boa proporção de proteínas digestíveis, ao passo que reduz a digestibilidade da forragem produzida.

**Palavras-chave:** aspectos produtivos, competitividade, consórcio gramínea-leguminosa, digestibilidade, proteína solúvel

## 2. ABSTRACT

Monocropping of elephant grass (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) in cut-and-carry systems, in a lack of nutrient reposition added to a bad management, can reduce both the species' productivity and persistence. The legume inclusion in the system can attenuate these problems. This study aimed to evaluate herbage accumulation, competitiveness and nutritional value of different-sized elephant grass genotypes, intercropped or not with the butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). Elephant B and IRI-381, tall-sized genotypes, besides the dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37, were intercropped with the legume in 2019 and 2020, under a 60-day harvesting frequency. Greater herbage accumulation ( $P < 0.0001$ ) occurred in the harvesting of Elephant B genotype (19.3 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> DM). Greater yield stabilities were observed in the intercropping between the butterfly pea and the genotypes, with a lower parameter of stability variance in the 'Mott + butterfly pea' intercropping ( $\sigma_i^2 = 0.10$ ). Elephant B under monocropping had the lowest stability ( $\sigma_i^2 = 5.59$ ). The greatest butterfly pea's competitiveness indexes occurred when it was intercropped with the dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37 (3.31 and 3.14, respectively). Forage harvested from the Elephant B, a tall-sized genotype, had greater NDF and lignin contents (685 and 55 g kg<sup>-1</sup> DM, respectively). Greater CP content ( $P < 0.0001$ ) was observed in the forage harvested from the dwarf Taiwan A-146 2.37 (121 g kg<sup>-1</sup> DM), besides that one from the intercropping with butterfly pea (113 g kg<sup>-1</sup> DM). The forages harvested from the dwarf genotype Taiwan A-146 2.37 under monocropping and intercropped with the butterfly pea had better protein profiles, with greater proportions ( $P < 0.0001$ ) of true soluble protein (610 and 621 g kg<sup>-1</sup> PB) and lower ones of ADIP (41 and 43 g kg<sup>-1</sup> PB). Greater *in vitro* digestible DM ( $P = 0.0148$ ) were observed in the forage harvested from dwarf genotypes Mott and Taiwan A-146 2.37, under monocropping (755 and 745 g kg<sup>-1</sup>, respectively). The Elephant B, tall-sized genotype, shows morphological traits that favor the forage production, while the dwarf genotypes Mott and Taiwan A-146 2.37 show morphological traits that improve the nutritional value of forage. Butterfly pea inclusion in the system provides a greater stability for herbage accumulation. The intercropping with butterfly pea enhances the crude protein contents with a great proportion of digestible proteins under 60-day harvesting frequency and reduces the forage digestibility.

**Keywords:** competitiveness, digestibility, grass-legume intercropping, productive aspects, soluble protein

### 3. INTRODUÇÃO

Muitos produtores rurais, em especial os pequenos, exploram o capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) em capineiras, devido ao tamanho reduzido de suas áreas agricultáveis (SILVA et al., 2021a). A elevada produtividade e melhor aproveitamento da forragem colhida são vantagens importantes em relação ao capim-elefante cultivado em capineiras, comparativamente aos sistemas de pastejo. Entretanto, a exigência de mão de obra e o valor nutritivo reduzido, caso os intervalos de corte sejam prolongados, podem trazer implicações importantes para este sistema de cultivo (Silva et al., 2021b).

Neste contexto, genótipos de diferentes portes têm sido alvo de seleção para manejo sob corte e seus respectivos aspectos produtivos e nutricionais têm sido avaliados (CUNHA et al., 2011; GOMIDE et al., 2015; MORENZ et al., 2017; FREITAS et al., 2019; SOUZA et al., 2021). De forma geral, os resultados obtidos sugerem que os genótipos anões apresentam melhores valores nutricionais, enquanto os genótipos de porte alto proporcionam maior acúmulo de forragem (VIANA et al., 2015; SOUZA et al., 2017; SILVA et al., 2021a). Considerando tais diferenças, características morfológicas e estruturais como número de folhas vivas por perfilho, relação folha-colmo, comprimento dos entrenós e espessura do colmo influenciam tanto a produtividade, quanto o valor nutritivo do capim-elefante (WILLIAMS; HANNA, 1995; BUDIMAN et al., 2012; VIANA et al., 2018).

O monocultivo do capim-elefante, em caso de não reposição de nutrientes, pode comprometer a produtividade e a perenidade da cultura (DOURADO et al., 2019). Sistemas de cultivo consorciados entre gramíneas e leguminosas forrageiras podem aumentar o aporte de nitrogênio via serapilheira da leguminosa, reduzir impactos ambientais e uso de fertilizantes químicos, além de aumentar a ciclagem de nutrientes no ecossistema formado (VIRGONA et al., 2013; BODDEY et al., 2020).

A inclusão de leguminosas forrageiras no sistema também pode alterar o valor nutritivo da forragem colhida. Leguminosas frequentemente apresentam maiores teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade quando comparadas às gramíneas tropicais (SEIBT et al., 2018; SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Além disso, as leguminosas podem reduzir a quantidade de metano entérico emitido por ruminantes (MUIR et al., 2019; BODDEY et al., 2020) e sua inclusão geralmente aumenta a eficiência econômica dos sistemas de produção em comparação ao monocultivo de gramíneas (BOWEN et al., 2016; SIMONETTI et al., 2018).

Todavia, o porte do capim-elefante pode ser decisivo para estes tipos de consórcio, já que a competição por recursos pode causar diferentes respostas nas plantas (SEIBT et al., 2018).

Dessa forma, o sucesso do consórcio dependerá, sobretudo, da compatibilidade entre as espécies. Isto pode ocorrer quando gramíneas e leguminosas apresentam hábitos de crescimento cespitoso e volúvel, respectivamente (CRESTANI et al., 2013), como no caso do capim-elefante consorciado com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.).

A cunhã é uma leguminosa tropical perene, herbácea, com elevado valor nutritivo e produtividade satisfatória, além de alta aceitabilidade por ruminantes. Por estes motivos, a cunhã tem potencial para ser manejada sob corte (GOMEZ; KALAMANI, 2003; OGUIS et al., 2019). Os teores de PB podem variar de 180 a 270 g kg<sup>-1</sup>, valores considerados altos para plantas forrageiras tropicais (HEDAYETULLAH; ZAMAN, 2019; LEMOS et al., 2021). Desta forma, o cultivo consorciado do capim-elefante com a cunhã pode se tornar uma opção para melhorar o valor nutritivo da forragem colhida sob corte.

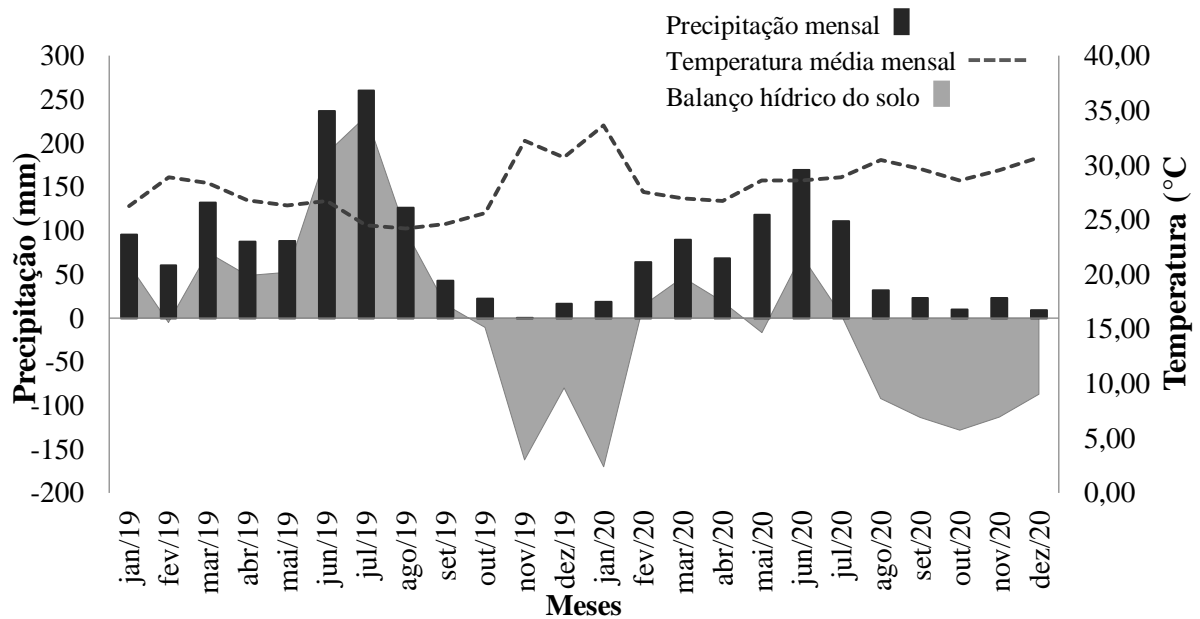
A hipótese deste trabalho é que genótipos de capim-elefante de porte alto favorecem a produção de forragem, enquanto genótipos de porte baixo e o consórcio com a cunhã melhoram o valor nutritivo da forragem colhida sob corte. Além disso, acredita-se que os consórcios entre os genótipos anões e a cunhã sejam mais compatíveis. Com base neste contexto, objetivou-se avaliar a produtividade e o valor nutritivo de genótipos de capim-elefante de diferentes portes sob monocultivo e também de seus respectivos consórcios com a cunhã, assim como a competitividade das espécies nos consórcios.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento e condições climáticas**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Carpina é um município de Pernambuco localizado a 07°51'03" S, 35°15'17" O e com 180 m de altitude. O clima da região é As' ou tropical seco (KÖPPEN; GEIGER, 1928), com período chuvoso de maio e agosto. As precipitações acumuladas em 2019 e 2020 foram 1169 e 735 mm, respectivamente, enquanto a média histórica anual é 1100 mm. As temperaturas médias anuais foram 26,5 °C e 28,8 °C, respectivamente para 2019 e 2020, e a média histórica é 24,6 °C (APAC, 2020). Os dados climáticos e o balanço hídrico do solo com base na evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE; MATHER, 1955; CAMARGO; CAMARGO, 2000), durante os anos de avaliação, encontram-se na Figura 1. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2018).





**Figura 1.** Precipitação mensal, temperatura média mensal e balanço hídrico do solo (CAMARGO; CAMARGO 2000) da área experimental em 2019 e 2020. Dados de precipitação e temperatura obtidos junto à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC 2020).

#### 4.2 Implantação, tratamentos e delineamento experimental

Dois genótipos de capim-elefante de porte alto (Elefante B e IRI-381) e dois genótipos anões (Mott e Taiwan A-146 2.37) foram estabelecidos em monocultivo ou consorciados com a cunhã, em 32 parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m), com área útil de 9 m<sup>2</sup> (3 × 3 m), divididas em quatro blocos. Quatro pequenas parcelas (2,0 × 1,5 m) exclusivas de cunhã foram estabelecidas sob as mesmas condições da leguminosa em consórcio, em relação ao espaçamento de plantio, adubação e manejo de colheita (frequência e intensidade). O delineamento experimental foi conduzido sob blocos completos casualizados, arranjo fatorial (4 × 2) e quatro repetições. O período experimental ocorreu de 20 de março de 2019 a 04 de dezembro de 2020.

O capim-elefante foi cultivado na área em 2014, plantado em profundidade de 15 cm e espaçamento de 1,0 m entre linhas. A área foi utilizada na condução de estudos destes quatro genótipos, de 2014 até o final de 2017. Os consórcios foram estabelecidos em agosto de 2018, em 16 das 32 parcelas (unidades experimentais). As mudas de cunhã foram produzidas na casa de vegetação do Departamento de Zootecnia da UFRPE e plantadas nas entrelinhas do capim-elefante, com 60 dias de idade e em espaçamento de 0,5 m e em covas com profundidade de 15 cm.

Nos estudos antecedentes, Costa (2019) concluiu que a frequência de 60 dias foi um critério de colheita do capim-elefante, manejado sob corte, mais adequado do que o critério com base em 95% de interceptação luminosa pelo dossel. Assim, a frequência de corte do presente estudo foi 60 dias, em um total de oito colheitas realizadas ao longo do período experimental. Quatro delas foram realizadas em 2019 e outras quatro, em 2020. As colheitas de número 1, 2, 3 e 4 ocorreram nos dias 20/05/2019, 20/07/2019, 20/09/2019 e 20/11/2019, respectivamente. As colheitas 5, 6, 7 e 8 ocorreram nos dias 04/06/2020, 04/08/2020, 04/10/2020 e 04/12/2020, respectivamente. O severo déficit hídrico no final de 2019 e ao longo de 2020 (Figura 1) limitaram o número de colheitas, além das restrições de trânsito que ocorreram de abril a junho de 2020, devido à pandemia da Covid-19.

As intensidades de corte foram a nível do solo, para o capim-elefante e, a 20 cm de altura do resíduo para a cunhã. Adubações de manutenção foram realizadas apenas nas estações chuvosas, com base nas recomendações de Cavalcanti et al. (2008), em função dos resultados da análise química do solo: 0,05; 0,06; 1,60; 0,80; 0,00 e 2,40  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para K, Na, Ca, Mg,  $\text{Al}^{+3}$  e H+Al, respectivamente, além de 5  $\text{mg dm}^{-3}$  de P (Mehlich-1) e pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de 5,5. As doses aplicadas de N,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  foram 100, 60 e 70  $\text{kg ha}^{-1}$  por colheita de época chuvosa, que foram três em 2019 e duas em 2020. Parcelas consorciadas com cunhã não foram adubadas com N; somente com  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ . As doses foram aplicadas nas formas de ureia (450  $\text{g kg}^{-1}$  de N), cloreto de potássio (600  $\text{g kg}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e superfosfato triplo (460  $\text{g kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

#### 4.3 Avaliações de campo

O acúmulo de forragem foi estimado por colheita e por ano, considerando os quatro cortes realizados com intervalos de 60 dias em 2019 e 2020. A forragem foi colhida e pesada da área útil (9  $\text{m}^2$ ) de cada parcela experimental e a produção calculada com base nos teores de matéria seca (MS).

O comprimento dos entrenós e a espessura de colmo do capim-elefante foram estimadas com auxílio de paquímetro manual graduado em milímetros, com avaliações em quatro plantas, sempre presentes na área útil de cada parcela. Além disso, foram estimadas as relações folha-colmo dos genótipos de capim-elefante, relação folha-ramo e relação folha-vagem da cunhã. Para tanto, os acúmulos de lâminas foliares, colmos e material morto dos genótipos da gramínea, além de folhas, ramos e vagens da leguminosa foram calculados a partir do fracionamento destes componentes morfológicos, de uma alíquota de 1 kg da forragem colhida, também calculadas com base nos teores de MS. A composição botânica da parcela foi estimada

com base no acúmulo de forragem de cada espécie (método do peso seco escalonado) e convertida em porcentagens de gramínea e leguminosa (T'MANNEJTE; JONES, 2000).

Além disso, foram avaliados aspectos de competição dos consórcios. A taxa de equivalência de área foi calculada pela fórmula (MEAD; WILLEY, 1980):

$$TEA = (TEA_{\text{gramínea}} + TEA_{\text{leguminosa}})$$

$$TEA_{\text{gramínea}} = \frac{AF_{gl}}{AF_g} ; TEA_{\text{leguminosa}} = \frac{AF_{lg}}{AF_l}$$

Onde AF<sub>g</sub> e AF<sub>l</sub> são os acúmulos de forragem do capim-elefante e da cunhã em monocultivo, e AF<sub>gl</sub> e AF<sub>lg</sub> são os acúmulos de forragem do capim-elefante e da cunhã no consórcio, respectivamente. Valores de taxa de equivalência de área superiores a 1,0 indicam que o consórcio favoreceu crescimento e produtividade de ambas as culturas e valores menores indicam o contrário. Já o índice de competitividade aponta qual espécie foi mais agressiva e adaptou-se melhor ao consórcio (WILLEY; RAO, 1980). O índice de competitividade dos genótipos de capim-elefante e da cunhã nos consórcios foram calculados pelas fórmulas:

$$IC_{\text{gramínea}} = \left( \frac{TEA_{\text{gramínea}}}{TEA_{\text{leguminosa}}} \right) \left( \frac{P_{lg}}{P_{gl}} \right)$$

$$IC_{\text{leguminosa}} = \left( \frac{TEA_{\text{leguminosa}}}{TEA_{\text{gramínea}}} \right) \left( \frac{P_{gl}}{P_{lg}} \right)$$

Onde P<sub>gl</sub> e P<sub>lg</sub> são as proporções de gramínea e leguminosa na forragem colhida, referentes às oito colheitas realizadas ao longo do período experimental.

#### 4.4 Procedimentos laboratoriais

As análises de composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram realizadas no Laboratório de Forragicultura. Estas análises laboratoriais foram realizadas com materiais coletados nos períodos chuvosos de 2019 e 2020. As amostras de forragem foram imediatamente identificadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 55 °C até peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinhos de faca (tipo Willey), com malha de 1 mm, e novamente identificadas para realização das análises. Os genótipos de capim-elefante e a cunhã foram analisados separadamente e o valor nutritivo da forragem total (no

caso dos consórcios) foi obtido através de média ponderada, considerando a composição botânica de cada parcela experimental.

Os teores de MS, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram analisados conforme Detmann et al. (2012), enquanto os teores de cinzas (942.05), lignina (973.18) e PB (954.01) foram analisados conforme metodologia da AOAC (HORWITZ, 2005). As proporções de proteína solúvel verdadeira (PSV – fração B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN – fração B<sub>3</sub>) e ácido (PIDA – fração C) foram estimados conforme Licitra et al. (1996). A fração PSV foi obtida pela fórmula:

$$PSV = 100 - (NNP + PIDN + PIDA)$$

Onde NNP (fração A) é a proporção de nitrogênio não-proteico, estimada também conforme Licitra et al. (1996). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi estimada segundo Holden (1999). Para tanto, o aparelho DAISY<sup>II</sup> (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY) foi utilizado para incubação das amostras, por 72 horas, a 39 °C.

#### 4.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a teste de normalidade dos resíduos (resíduos × quantis) e analisados com auxílio do PROC MIXED do SAS<sup>®</sup> OnDemand for Academics (SAS, 2014), com exceção dos dados sobre a competitividade das espécies. Os efeitos de genótipo, sistema de cultivo e a interação entre estes fatores foram considerados fixos. Os efeitos de ano, colheita, bloco e suas interações, além dos erros experimentais, foram considerados aleatórios. Quando o teste F foi significativo ( $P < 0,05$ ), as médias foram comparadas pela probabilidade de diferença (“pdiff”) ajustada para Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Assim, o modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \delta_l + \omega_m + e_{ijklm}$$

Onde:  $Y_{ijk}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média populacional;  $\alpha_i$  é o efeito fixo de genótipo de capim-elefante (1 a 4);  $\beta_j$  é o efeito fixo de sistema de cultivo (1 a 2);  $(\alpha\beta)_{ij}$  é o efeito fixo da interação entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo;  $\gamma_k$  é o efeito aleatório do ano de avaliação (1 a 2);  $\delta_l$  é o efeito aleatório de colheita (1 a 4);  $\omega_m$  é o efeito aleatório de bloco (1 a 4);  $e_{ijklm}$  é o efeito dos erros residuais.

As condições climáticas de 2019 e 2020 proporcionaram bastante variação ambiental e, por este motivo, foram analisados parâmetros de variância de estabilidade ( $\sigma_i^2$ ) para o acúmulo de forragem dos genótipos de capim-elefante, consorciados ou não com a cunhã, e em função das oito colheitas realizadas. O modelo de estabilidade de variância de Shukla (1972) foi utilizado com o auxílio do PROC MIXED do SAS® OnDemand, conforme proposto por Piepho (1999). Nesta análise, menores  $\sigma_i^2$  indicam maior estabilidade de produção (MACHOLDT et al., 2020; RECKLING et al., 2021).

Os oito tratamentos (4 genótipos de capim-elefante  $\times$  2 sistemas de cultivo) foram analisados como efeito fixo, enquanto os blocos e colheitas foram efeitos aleatórios. O efeito de interação ‘genótipo  $\times$  ambiente’, representado pela interação ‘tratamento  $\times$  colheita’, foi verificado através da análise de covariância (‘Covtest’ do SAS® OnDemand) a 5% de probabilidade do erro. O modelo matemático foi:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + r_{jk} + u_j + (gu)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:  $Y_{ijk}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média populacional;  $g_i$  é o efeito de tratamento (1 a 8);  $r_{jk}$  é o efeito de bloco (1 a 4);  $u_j$  é o efeito de colheita (1 a 8);  $(gu)_{ij}$  é o efeito da interação entre tratamento e colheita; e  $e_{ijk}$  é o efeito dos erros experimentais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Resultados

#### 5.1.1 Aspectos produtivos

Ocorreram efeitos de interação entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo sobre o acúmulo de forragem aos 60 dias ( $P = 0,0019$ ) e também sobre o acúmulo por ano ( $P = 0,0375$ ) (Tabela 1). No sistema de monocultivo, um maior acúmulo de forragem a cada colheita foi observado no genótipo Elefante B em comparação aos genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37. No consórcio dos genótipos com a cunhã, uma menor produtividade por corte foi observada para o Taiwan A-146 2.37 (Tabela 1).

O acúmulo total de forragem do genótipo Elefante B, de porte alto, foi superior àquele observado nos genótipos Mott e Taiwan A-146 2.37 no sistema de monocultivo. No consórcio com a cunhã, a menor produtividade foi observada para o Taiwan A-146 2.37 (Tabela 1). O acúmulo de forragem da cunhã foi em média 0,79 t ha<sup>-1</sup> MS por colheita, enquanto o acúmulo da cunhã em monocultivo (cultivada em parcelas menores) foi 1,28 t ha<sup>-1</sup> MS a cada colheita.

**Tabela 1.** Acúmulo de forragem, por colheita e por ano, obtida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Acúmulo de forragem (t ha <sup>-1</sup> MS)		
Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	4,8 aA	3,6 bA
IRI-381	3,7 aAB	3,6 aA
Mott	3,4 aBC	2,7 bAB
Taiwan A-146 2.37	2,7 aC	2,2 aB
Acúmulo de forragem por ano (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> MS)		
Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	19,3 aA	14,4 bA
IRI-381	14,8 aAB	14,6 aA
Mott	13,8 aB	10,9 aA
Taiwan A-146 2.37	11,0 aB	8,5 aB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: acúmulo por colheita = 0,9; acúmulo por ano = 3,0.

Houve interação entre os efeitos de tratamento e colheita sobre o teste de covariância do acúmulo de forragem por colheita ( $P = 0,0001$ ). Sobre a análise da variância de estabilidade de Shukla (1972), menores parâmetros de variância para acúmulo de forragem foram encontrados nos genótipos de capim-elefante consorciados com a cunhã, comparativamente aos genótipos sob monocultivo (Tabela 2).

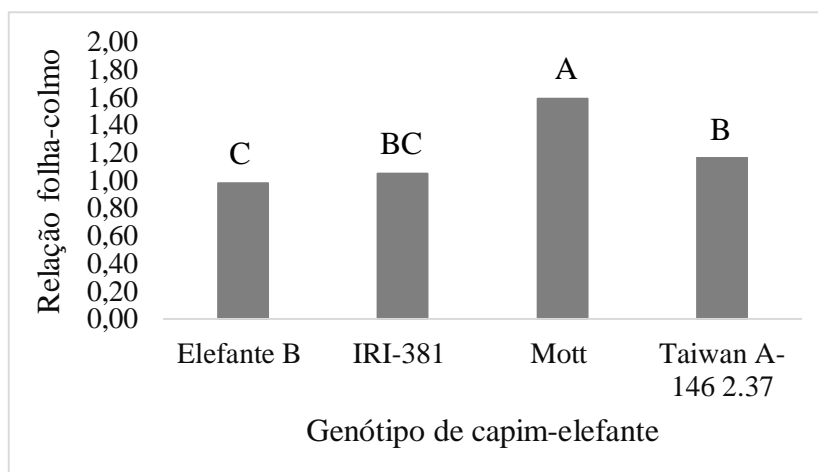
**Tabela 2.** Parâmetros de variância da estabilidade de Shukla ( $\sigma_i^2$ ) para o acúmulo de forragem, por colheita, de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.) durante oito colheitas realizadas de 2019 a 2020.

Tratamento	Variância da estabilidade de Shukla ( $\sigma_i^2$ )
Elefante B/M	5,59
IRI-381/M	3,26
Mott/M	0,81
Taiwan A-146 2.37/M	0,52
Elefante B/C	1,12
IRI-381/C	1,25
Mott/C	0,10
Taiwan A-146 2.37/C	0,17
Colheita*tratamento (Pr > Z) <sup>1</sup>	0,0001

<sup>1</sup>Análise de covariância (teste Z) significativa a 5% de probabilidade do erro ( $P < 0,05$ ). M = monocultivo. C = consórcio com a cunhã.

### 5.1.2 Características morfológicas e estruturais

Houve um efeito de genótipo sobre a relação folha-colmo do capim-elefante ( $P < 0,0001$ ). O genótipo anão Mott teve maior relação folha-colmo (1,59), em sua forragem colhida, do que os genótipos de porte alto Elefante B (0,98) e IRI-381 (1,05). No genótipo anão Taiwan A-146 2.37 foi observado maior valor (1,18) do que no Elefante B (Figura 2).



**Figura 2.** Relação folha-colmo dos genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados em 2019 e 2020. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média = 0,19.

Ocorreram efeitos isolados de genótipo de capim-elefante ( $P < 0,0001$ ) e sistema de cultivo ( $P = 0,00235$ ) sobre a espessura de colmo e o comprimento dos entrenós dos genótipos de capim-elefante ( $P < 0,0001$ ) (Tabela 3). Maiores comprimentos dos entrenós foram observados nos genótipos de porte alto Elefante B e IRI-381, enquanto que o menor valor foi observado no genótipo anão Mott (Tabela 3). No sistema de monocultivo, houve maior comprimento dos entrenós nos genótipos de capim-elefante, comparativamente aos genótipos consorciados com a cunhã. A maior espessura de colmo foi observada no genótipo Mott, enquanto os colmos mais finos foram encontrados no Taiwan A-146 2.37 (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comprimento dos entrenós (CPE) e espessura de colmo (EC) de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), em 2019 e 2020.

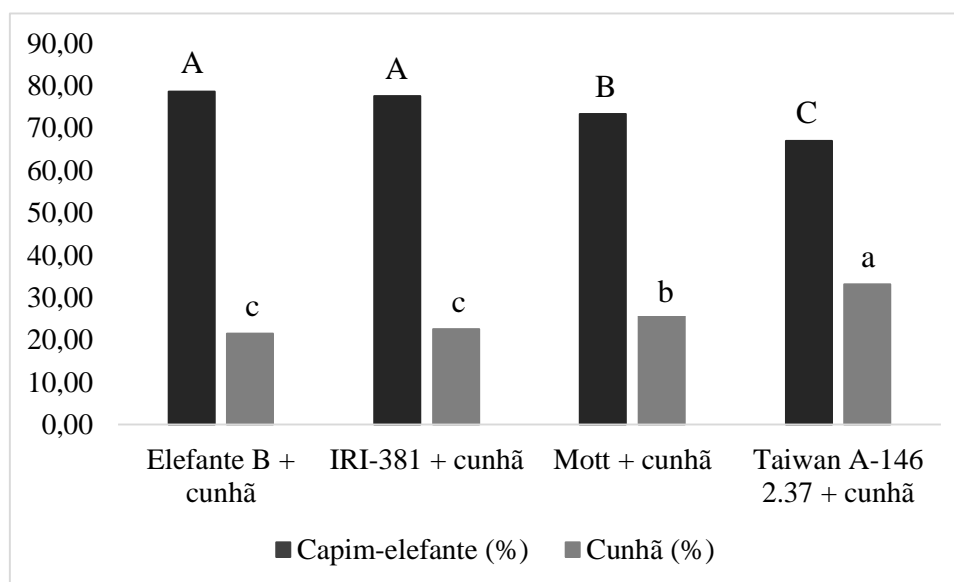
Genótipo	CPE (cm)	EC (cm)
Elefante B	7,1 A	1,0 B
IRI-381	6,8 A	1,0 B
Mott	2,1 C	1,2 A
Taiwan A-146 2.37	4,7 B	0,6 C
<b>Sistema de cultivo</b>		
Monocultivo	5,6 A	1,0 A
Consórcio	4,8 B	0,9 B

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de genótipo, ou sistema de cultivo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: CPE = 1,3; EC = 0,1.

Não foi observado efeito de genótipo para as relações folha-ramo ( $P = 0,2937$ ) e folhagem da cunhã ( $P = 0,1480$ ), com valores médios observados de 1,10 e 1,60, respectivamente.

### 5.1.3 Competitividade das espécies

A respeito da composição botânica dos consórcios, foi observado efeito de genótipo de capim-elefante ( $P < 0,0001$ ) para as porcentagens de gramínea e leguminosa (Figura 3).



**Figura 3.** Composição botânica dos dosséis de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) consorciados com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em 2019 e 2020. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si para porcentagem de capim-elefante e, seguidas por mesma letra minúscula, não diferem entre si para porcentagem de cunhã pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: 6,16.



A proporção de leguminosa foi maior no consórcio com o genótipo Taiwan A-146 2.37 (33,11%), comparado aos demais consórcios (Figura 3). As maiores proporções de gramínea foram observadas nos consórcios da leguminosa com os genótipos Elefante B (78,61%) e IRI-381 (77,47%).

A taxa de equivalência de área foi superior a 1,00 em todos os consórcios estabelecidos (Tabela 4), independente do genótipo de capim-elefante. A competitividade dos genótipos foi consideravelmente inferior àquela da cunhã, levando em perspectiva as produtividades de cada espécie estabelecida sob monocultivo. Além disso, a competitividade da cunhã foi superior nos consórcios com os genótipos anões comparativamente aos consórcios estabelecidos com os capins de porte alto (Elefante B e IRI-381).

**Tabela 4.** Taxa de equivalência de área (TEA) e índice de competitividade dos genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Consórcio	TEA	Competitividade (Gramínea)	Competitividade (Leguminosa)
Elefante B + cunhã	1,14	0,34	2,95
IRI-381 + cunhã	1,40	0,22	2,52
Mott + cunhã	1,20	0,16	3,31
Taiwan A-146 2.37 + cunhã	1,13	0,20	3,14

#### 5.1.4 Valor nutritivo

Houve efeito de sistema de cultivo sobre os teores de MS ( $P = 0,0203$ ), com maior concentração na forragem obtida do consórcio com a cunhã ( $270 \text{ g kg}^{-1}$ ) em comparação ao monocultivo dos genótipos de capim-elefante ( $240 \text{ g kg}^{-1}$ ). Sobre os teores de cinzas, foi observado efeito de interação entre os fatores ( $P = 0,0085$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teores de cinzas ( $\text{g kg}^{-1}$  MS) da forragem colhida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	73 bB	85 aA
IRI-381	71 bB	91 aA
Mott	99 aA	96 aA
Taiwan A-146 2.37	96 aA	86 aA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: 6.

Em relação à forragem obtida dos genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), ocorreu um aumento da concentração de matéria mineral com a inclusão da cunhã no sistema.

Ocorreram efeitos isolados de sistema de cultivo ( $P = 0,0063$ ) e genótipo de capim-elefante ( $P = 0,0128$ ) sobre os teores de FDN e lignina ( $P < 0,0001$ ). Sobre os teores de FDA foi observado apenas efeito de genótipo de capim-elefante ( $P = 0,0022$ ). Maiores concentrações de FDN e FDA foram observadas nas forragens obtidas de Elefante B e IRI-381, genótipos de porte alto. As forragens colhidas do genótipo anão Mott tiveram menores concentrações de FDA (Tabela 6). As forragens colhidas dos consórcios tiveram maiores concentrações de FDN e lignina, enquanto o genótipo Mott proporcionou menor concentração de lignina (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), e de lignina da forragem obtida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	FDA (g kg <sup>-1</sup> MS)	Lignina (g kg <sup>-1</sup> MS)
Elefante B	685 A	389 A	55 A
IRI-381	681 A	384 A	53 AB
Mott	641 B	359 B	47 B
Taiwan A-146 2.37	631 B	369 AB	51 AB
<b>Sistema de cultivo</b>			
Monocultivo	679 A	379 A	46 B
Consórcio	640 B	372 A	58 A

<sup>ns</sup>Não-significativo. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna, para efeito de genótipo ou sistema de cultivo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: FDN = 12 (genótipo) e 10 (sistema de cultivo); FDA = 7; Lignina = 3 (genótipo e sistema de cultivo).

Ocorreram efeitos isolados de genótipo de capim-elefante ( $P < 0,0001$ ) e sistema de cultivo ( $P < 0,0001$ ) sobre os teores de PB e proporções de PIDN na forragem colhida (Tabela 7). A forragem obtida do genótipo Taiwan A-146 2.37 teve a maior concentração de PB observada, assim como aquelas obtidas via consórcio com a leguminosa, em comparação ao monocultivo dos genótipos de capim-elefante. As forragens obtidas dos genótipos de porte alto Elefante B e IRI-381 tiveram os menores teores de PB observados. Maiores proporções de PIDN também foram encontradas nos genótipos de porte alto, enquanto naquelas dos consórcios com a cunhã foram encontrados menores concentrações de PIDN (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teores de proteína bruta (PB) e proporções de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) da forragem colhida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	PIDN (g kg <sup>-1</sup> PB)
Elefante B	89 C	315 A
IRI-381	94 BC	280 AB
Mott	104 B	248 BC
Taiwan A-146 2.37	121 A	211 C
Sistema de cultivo		
Monocultivo	90 B	277 A
Consórcio	113 A	250 B

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de genótipo ou sistema de cultivo, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: PB = 5 (efeito de genótipo) e 4 (efeito de sistema de cultivo); PIDN = 19 (efeito de genótipo) e 17 (efeito de sistema de cultivo).

Foram observadas interações entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo sobre as proporções de proteína solúvel verdadeira ( $P = 0,0368$ ) e PIDA ( $P = 0,0383$ ) (Tabela 8).

**Tabela 8.** Proporções de proteína solúvel verdadeira (PSV – fração B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>) e proteínas insolúveis em detergente ácido (PIDA) da forragem obtida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	PSV (g kg <sup>-1</sup> PB)	
	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	397 bC	535 aC
IRI-381	371 bC	547 aC
Mott	520 bB	603 aB
Taiwan A-146 2.37	610 aA	621 aA
Genótipo	PIDA (g kg <sup>-1</sup> PB)	
	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	54 bA	68 aA
IRI-381	54 bA	75 aA
Mott	42 bB	63 aA
Taiwan A-146 2.37	41 aB	43 aB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável avaliada, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: PSV = 30; PIDA = 10.

Maiores proporções de proteína solúvel verdadeira foram encontradas na forragem colhida dos genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) e também na forragem obtida via consórcio com a cunhã (Tabela 8). Por outro lado, maiores proporções de PIDA foram

encontradas na forragem obtida dos genótipos de porte alto, isto no sistema de monocultivo. Também foi observada maior proporção de PIDA na forragem obtida via consórcio (Tabela 8).

Houve efeito de interação ( $P = 0,0148$ ) sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 9). No sistema de monocultivo, a forragem obtida dos genótipos anões tiveram maiores coeficientes de digestibilidade comparativamente aos genótipos de porte alto. No sistema consorciado, não se observou diferença significativa entre as forragens colhidas. Com exceção do genótipo IRI-381, as forragens obtidas via consórcio tiveram menores coeficientes de DIVMS do que aquelas obtidas do sistema de monocultivo.

**Tabela 9.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da forragem obtida de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	709 aB	674 bA
IRI-381	675 aC	660 aA
Mott	755 aA	684 bA
Taiwan A-146 2.37	745 aA	668 bA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável avaliada, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ) Erro-padrão da média: 10.

## 5.2 Discussão

### 5.2.1 Aspectos produtivos

Os acúmulos de forragem por colheita e por ano (Tabela 1) foram abaixo do potencial dessas espécies cultivadas em regiões tropicais com condições climáticas semelhantes àquelas do presente trabalho. Teixeira et al. (2010) obtiveram um acúmulo de forragem da cunhã de 13,68 t ha<sup>-1</sup> MS, em um intervalo de colheita de 102 dias, no município de Itambé, estado de Pernambuco. As condições climáticas desta região se assemelham àquelas do município de Carpina. Cunha et al. (2011) avaliaram os mesmos genótipos do presente estudo, no município de Itambé, sob manejo de corte e frequência de colheita de 60 dias, como no presente estudo. Os autores encontraram acúmulo de forragem por colheita de 5,75; 5,28; 4,47 e 6,26 t ha<sup>-1</sup> MS para os genótipos Elefante B, IRI-381, Mott e Taiwan A-146 2.37, respectivamente, resultados de produtividade superiores àqueles observados no presente estudo.

O extenso déficit hídrico, que teve início no final de 2019 e se prolongou por muitos meses em 2020 (Figura 1), provavelmente contribuiu para a baixa produtividade, tanto dos genótipos de capim-elefante quanto da cunhã. Plantas forrageiras em déficit hídrico prolongado

têm seu crescimento celular reduzido ou paralisado, em resposta à menor absorção de nutrientes e à elevada evapotranspiração (LEMAIRE et al., 2011; MARSCHNER, 2011).

O maior acúmulo de forragem anual observado no monocultivo do genótipo Elefante B, em comparação ao consórcio dele com a cunhã (Tabela 1), possivelmente decorreu da adubação nitrogenada realizada apenas no sistema de monocultivo. Gramíneas forrageiras tropicais apresentam alta eficiência de uso do nitrogênio e resposta à adubação nitrogenada (SILVA et al., 2018), sobretudo o capim-elefante (PEREIRA et al., 2017). No entanto, este efeito positivo não foi observado na comparação ‘monocultivo × consórcio’ para os demais tratamentos (Tabela 1). Possivelmente, a inclusão da cunhã no sistema compensou a ausência de adubação nitrogenada nos consórcios com o IRI-381, Mott e Taiwan A-146 2.37. Leguminosas podem aumentar o aporte de N no sistema via decomposição de serapilheira, de nódulos ou mesmo micorrizas e, com isso, contribuir para o aumento da produção de forragem a médio e longo prazo (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019; DUBEUX JUNIOR et al., 2019). Isto denota uma vantagem importante para o sistema consorciado, visto que o possível aporte de N pela inclusão da cunhã no sistema se equiparou ao N disponibilizado pela ureia, que possui alta solubilidade e disponibiliza N muito rapidamente no solo para as plantas (SILVA et al., 2018).

O genótipo Elefante B, de porte alto, proporcionou maiores acúmulos de forragem por colheita e por ano, nos sistemas de monocultivo e consórcio (Tabela 1), quando comparado ao Taiwan A-146 2.37. Isto ocorreu devido às características morfológicas deste genótipo de porte alto, como elevado comprimento dos entrenós, espessura de colmo (Tabela 3) e altura, que geralmente têm relação positiva com aspectos produtivos (VIANA et al., 2018; SILVA et al., 2021a; SOUZA et al., 2021). O Taiwan A-146 2.37 teve menor produtividade, possivelmente devido à alta relação folha-colmo (Figura 2) e aos seus colmos finos (Tabela 3). O genótipo anão Mott mostrou-se altamente produtivo comparado aos genótipos de porte alto, sem diferença significativa para o acúmulo de forragem, por colheita e por ano, quando comparado ao genótipo de porte alto IRI-381 (Tabela 1).

Os consórcios da cunhã com os genótipos de capim-elefante proporcionaram maior estabilidade da produção (Tabela 2), possivelmente devido à adaptação da cunhã às condições de déficit hídrico. Esta leguminosa apresenta raízes principais longas, alta produção de sementes e perda de folhas em condições climáticas adversas ao crescimento vegetativo (HEDAYETULLAH; PARVEEN, 2019; OGUIS et al., 2019). Por outro lado, gramíneas tropicais altamente produtivas, como o capim-elefante, são mais susceptíveis a efeitos de

sazonalidade (SINGH, 2013). Na comparação dos genótipos, o Elefante B foi o menos estável dentre os avaliados (Tabela 2). Viana et al. (2015) encontraram menor estabilidade na taxa de acúmulo de forragem dos genótipos Elefante B e IRI-381 manejados sob pastejo de ovinos Santa Inês e indicaram baixa previsibilidade dos mesmos frente às alterações ambientais. Os autores classificaram o genótipo Mott como altamente estável, fato que também ocorreu no presente estudo, considerando o acúmulo de forragem por colheita.

### 5.2.2 Competitividade das espécies

As proporções da cunhã na forragem colhida variaram de 21,39 a 33,11% (Figura 3), fato que indica boa persistência da leguminosa nos consórcios formados (BODDEY et al., 2020), considerando as diferenças de eficiência do uso de recursos como CO<sub>2</sub>, água e nutrientes do solo entre leguminosas (plantas C<sub>3</sub>) e gramíneas tropicais (plantas C<sub>4</sub>) (YAMORI et al., 2013). A cunhã é uma leguminosa de hábito de crescimento volúvel e espalha-se no ambiente por tigmotropismo (SHARMA; SHAHZAD, 2016; HEDAYETULLAH; PARVEEN, 2019). Assim, a própria presença dos genótipos de capim-elefante nas parcelas estimulou o crescimento da cunhã. Além disso, o plantio das mudas da leguminosa em linhas, ao invés do cultivo a lanço, pode ter contribuído para a persistência da cunhã. Segundo Epifanio et al. (2019), o plantio da leguminosa em linhas garante manutenção de boas proporções da mesma em consórcios com gramíneas.

A proporção da cunhã foi maior nas parcelas consorciadas com o Taiwan A-146 2.37 (Figura 3), provavelmente porque essa cultivar não forma touceiras tão densas como outros genótipos de capim-elefante, além de apresentar colmos finos (CHENG, 1991). No presente estudo, este genótipo anão apresentou colmos consideravelmente mais finos que os demais (Tabela 3). Souza et al. (2017a) observaram redução linear da participação de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) em pastos consorciados com cunhã, de 90,6% para 67,1%, devido aos efeitos combinados de sombreamento e presença da leguminosa. A taxa de crescimento da cunhã parece aumentar em consórcios com gramíneas de porte baixo e com colmos finos.

As taxas de equivalência de área superiores a 1,00 indicaram condições adequadas para o crescimento de ambas as espécies e genótipos nos consórcios avaliados (Tabela 4). No entanto, o índice de competitividade consideravelmente maior da cunhã em relação aos genótipos de capim-elefante reflete um possível menor efeito da estacionalidade de produção sobre a leguminosa. Isto pode ser confirmado pelas maiores estabilidades de acúmulo de forragem dos consórcios, com a cunhã incluída no sistema, comparativamente aos sistemas de

monocultivo dos genótipos da gramínea (Tabela 2). Além disso, os índices de competitividade da leguminosa indicam que sua produtividade em consórcio foi mais próxima àquela da própria cunhã em monocultivo, enquanto que para os genótipos de capim-elefante houve uma diferença considerável de acúmulo de forragem na comparação ‘monocultivo × consórcio’. A cunhã é uma leguminosa adaptada a condições de déficit hídrico e consegue sobreviver até 8 meses de seca (HEDAYETULLAH; PARVEEN, 2019; OGUIS et al., 2019). Por outro lado, como mencionado anteriormente, o capim-elefante é uma espécie forrageira que sofre bastante influência de estacionalidade com reduções consideráveis de produção nos períodos secos do ano (SINGH, 2013; VIANA et al., 2015).

Os índices de competitividade da leguminosa foram ainda maiores nos consórcios com os genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37, comparados aos consórcios com os genótipos de porte alto (Tabela 4). Em algumas circunstâncias, a forma de crescimento da leguminosa em pastos e capineiras define sua competitividade em relação à gramínea mais do que as diferenças de metabolismo fotossintético (C<sub>3</sub> ou C<sub>4</sub>). O hábito de crescimento volúvel dessas leguminosas afeta principalmente a competição por radiação luminosa (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018; BODDEY et al., 2020). Como mencionado anteriormente, a cunhã parece ser ainda mais competitiva em consórcios com gramíneas de porte baixo. Não é comum observar competitividade tão elevada de leguminosas em comparação às gramíneas em consórcios estabelecidos. Choudhary et al. (2018) observaram maior índice de competitividade do capim Mombaça (*Megathyrsus maximus* Jacq.), no consórcio entre a gramínea (1,79) e as leguminosas feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e trevo-egípcio (*Trifolium alexandrinum*) (0,56). Os resultados observados no presente estudo reforçam a viabilidade do consórcio da cunhã com genótipos de capim-elefante e sugerem boa persistência da leguminosa.

### 5.2.3 Valor nutritivo

Os genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37 contribuíram de forma consistente para menores teores de FDN, FDA e lignina (Tabela 6), além de maiores teores de PB (Tabela 7) e proporção de proteína solúvel (Tabela 8), devido às altas relações folha-colmo (Figura 2) e, no caso do Taiwan A-146 2.37, aos colmos mais finos (Tabela 3) já destacados anteriormente. Genótipos de capim-elefante anão apresentam caracterização morfológica peculiar para a espécie, como curto comprimento dos entrenós, maior número de meristemas axilares e folhas vivas por perfilho. Estas características geralmente conferem menor concentração de frações fibrosas e maior proporção de conteúdo celular vegetal (GOMIDE et al., 2015; SILVA et al.,

2021b). Por outro lado, genótipos de porte alto como o Elefante B e o IRI-381 geralmente têm colmos grossos, caracterizados por um acúmulo considerável de anéis de esclerênquima e vasos lignificados (SANCHÊS et al., 2018; VIANA et al., 2018). Souza et al. (2021) observaram menores teores de FDN nas folhas do genótipo Mott ( $601 \text{ g kg}^{-1}$ ), comparativamente ao Elefante B e ao IRI-381 ( $686$  e  $690 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente), quando avaliaram os referidos genótipos em condições de irrigação e manejados sob corte.

Os maiores teores de cinzas encontrados na forragem dos consórcios do Elefante e IRI-381 com a cunhã (Tabela 5) podem ser reflexo de um efeito benéfico do consórcio em relação à nutrição mineral das plantas, provavelmente pela fixação de  $\text{N}_2$  e uma serapilheira de alta qualidade, geralmente formada pelas folhas das leguminosas (MARSCHNER, 2011; BODDEY et al., 2020). Além disso, Lee (2018) realizou uma revisão sistemática sobre o valor nutritivo de gramíneas e leguminosas forrageiras e apontou que leguminosas herbáceas apresentam maior concentração de matéria mineral que gramíneas. Mesmo sob corte, houve deposição e decomposição de serapilheira, principalmente de folhas caídas da cunhã, já que a leguminosa foi colhida a 20 cm de altura do resíduo e frequência de 60 dias. Os teores de cinzas foram altos, de maneira geral, e o manejo de adubação adotado no presente estudo possivelmente também contribuiu para isto.

O aumento do teor de MS (de 240 para  $270 \text{ g kg}^{-1}$ ) e de lignina, pela inclusão da cunhã no sistema (Tabela 6), provavelmente ocorreu por influência do manejo de colheita da leguminosa. Segundo Abreu et al. (2014), a frequência e a intensidade de corte podem influenciar a concentração de lignina na cunhã pelo aumento da proporção de ramos, caules e vagens. Os autores colheram a cunhã aos 70 dias de idade e observaram teores de lignina de  $45 \text{ g kg}^{-1}$  MS nas folhas,  $117 \text{ g kg}^{-1}$  MS nos ramos e  $58 \text{ g kg}^{-1}$  MS nas vagens. No presente estudo, elevadas proporções de ramos e vagens foram colhidas na forragem, considerando que as relações folha-ramo e folha-vagem foram 1,10 e 1,60, respectivamente.

Por outro lado, o consórcio com a cunhã elevou consideravelmente os teores de PB (Tabela 5). Leguminosas tropicais apresentam maiores teores de PB, quando comparadas às gramíneas, por diferenças anatômicas e de metabolismo fotossintético, como grande proporção tecidual de mesófilo e da enzima Rubisco (WILSON, 1993).

A inclusão da cunhã no sistema aumentou a proporção de proteína solúvel verdadeira, mas também aquela de PIDA (Tabela 8), com exceção do consórcio da leguminosa com genótipo anão Taiwan A-146 2.37. A proteína solúvel verdadeira é composta pelas frações  $\text{B}_1 + \text{B}_2$ , que apresentam taxa de degradação ruminal variando de alta a moderada, enquanto a



PIDA é a fração proteica ligada à lignina e considerada indigestível pelos microrganismos do rúmen (LICITRA et al., 1996). Assim, o perfil proteico foi pouco modificado e as frações aumentaram, proporcionalmente, em função dos teores de PB. Lemos et al. (2021) observaram teores de PIDA na cunhã (146 g kg<sup>-1</sup> MS) bastante elevados, quando comparados àqueles dos genótipos Elefante B, IRI-381, Mott e Taiwan A-146 2.37 (média de 19 g kg<sup>-1</sup> MS), em análise realizada antes da ensilagem desses materiais.

Os genótipos de porte baixo melhoraram substancialmente o perfil proteico da forragem, com aumento na proporção de proteína solúvel verdadeira e redução nas proporções de PIDN e PIDA (Tabelas 7 e 8). Souza et al. (2021) obtiveram maiores proporções de proteína solúvel verdadeira (fração B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub>) nos colmos dos genótipos Mott e Taiwan A-146 2.37 (360 e 290 g kg<sup>-1</sup> PB, respectivamente), comparadas àquelas dos genótipos Elefante B e IRI-381 (230 e 240 g kg<sup>-1</sup> PB, respectivamente), mas não observaram diferenças nas folhas.

As forragens colhidas do Taiwan A-146 2.37 em monocultivo e em consórcio com a cunhã destacaram-se com mais de 60% da PB composta por frações solúveis (Tabela 8). Todavia, é importante ressaltar que um excesso de proteínas solúveis na dieta de ruminantes pode alterar o funcionamento adequado do rúmen e até mesmo provocar quadros de timpanismo espumoso (WANG et al., 2012). Considerando que em dietas de ruminantes geralmente o volumoso não é a única fonte de proteína verdadeira, é importante ponderar se proporções elevadas de proteínas solúveis nas forragens são vantajosas.

Os genótipos de porte baixo proporcionaram maiores DIVMS da forragem no sistema de monocultivo (Tabela 9) por conta de suas maiores relações folha-colmo e proporções de proteína solúvel verdadeira (Tabela 8). No caso do genótipo Mott, os menores teores de lignina (Tabela 6) também contribuíram. Silva et al. (2021b) observaram maior digestibilidade ruminal da forragem dos genótipos Mott (581 g kg<sup>-1</sup>) e Taiwan A-146 2.37 (549 g kg<sup>-1</sup>) comparados ao IRI-381 (511 g kg<sup>-1</sup>), quando manejados sob corte, colhidos entre 68 e 99 dias de idade e utilizados para alimentar ovinos da raça Santa Inês.

O consórcio com a cunhã reduziu a DIVMS (Tabela 9), provavelmente pelo aumento nos teores de PIDA já relatados (Tabela 8). A maior concentração de lignina também pode ter afetado os coeficientes de digestibilidade das forragens obtidas via consórcio (Tabela 6), embora isso seja questionável. Leguminosas geralmente apresentam maior concentração de lignina do que gramíneas, porém isto não costuma afetar a digestibilidade, pois a lignina das leguminosas concentra-se apenas nos xilemas (WILSON, 1993). Lee (2018) encontrou pouca relação entre DIVMS e teores de lignina em uma revisão sistemática sobre o valor nutritivo de

plantas forrageiras. Castro-Montoya e Dickhoefer (2018) destacaram que os resultados acerca do valor nutritivo de leguminosas forrageiras tropicais têm sido inconsistentes, no sentido de se afirmar que elas apresentam maiores coeficientes de digestibilidade do que as gramíneas.

Por outro lado, Muir et al. (2019) apontam que proporções elevadas de PIDA são relativamente comuns de ocorrer em leguminosas tropicais ou adaptadas a climas semiáridos, como a cunhã, e tendem a reduzir, consideravelmente, a digestibilidade da forragem. Apesar disso, os resultados de DIVMS do presente estudo foram altos, em se tratando de gramíneas e leguminosas tropicais. Castro-Montoya e Dickhoefer (2020) realizaram uma revisão sistemática sobre valores nutricionais de leguminosas forrageiras. De um total de 252 estudos com leguminosas herbáceas, 11 foram sobre a cunhã e a DIVMS média de todas as leguminosas herbáceas estudadas foi 658 g kg<sup>-1</sup>. No presente estudo, a DIVMS média da cunhã foi 606 g kg<sup>-1</sup>, valor ainda considerado aceitável para plantas forrageiras tropicais.

Assim, ao analisar todas as variáveis do valor nutritivo, a inclusão da cunhã no sistema ainda pode ser considerada benéfica por ter proporcionado incrementos importantes na PB da forragem (Tabela 7), com boa proporção de proteínas consideradas digestíveis (Tabela 8). Isto, além dos aspectos relevantes na redução de adubação nitrogenada pela possível fixação de N<sub>2</sub> e outros ganhos ambientais (BODDEY et al., 2020).

## 6. CONCLUSÕES

O genótipo Elefante B, de porte alto, apresenta características morfológicas que favorecem a produtividade, enquanto a morfologia dos genótipos Mott e Taiwan A-146 2.37 favorecem o valor nutritivo da forragem produzida.

A inclusão da cunhã no sistema não altera significativamente o acúmulo de forragem, ao menos nos consórcios com genótipos de capim-elefante anão, ao passo que proporciona maior estabilidade para acúmulo de forragem dos genótipos de capim-elefante de diferentes portes.

O consórcio do capim-elefante com a cunhã, quando a forragem é colhida aos 60 dias, incrementa teores de proteína bruta, com adequada proporção de proteínas consideradas digestíveis, ao mesmo tempo que reduz os coeficientes de digestibilidade da matéria seca. Futuras avaliações de consumo e desempenho animal podem confirmar se tais condições afetam, realmente, a qualidade da forragem destes consórcios.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. C. et al. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 169-178, 2014.

BODDEY, R. M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 357-371, 2020.

BOWEN, M. K. et al. Productivity and profitability of forage options for beef production in the subtropics of northern Australia. **Animal Production Science**, v. 58, p. 332-342, 2020.

BUDIMAN, B. et al. Morphological characteristics, productivity and quality of three Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum) cultivars harvested at different age. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 37, p. 294-301, 2012.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. Effects of tropical legume silages on intake, digestibility and performance in large and small ruminants: A review. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 26-39, 2018.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, e114641, 2020.

CAVALCANTI, F. J. A.; LIMA JÚNIOR, M. A.; LIMA, J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2º aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco.

CHENG, Y. K. Forage breeding in Taiwan-Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 4, n. 3, p. 203-209, 1991.

CHOUHARY, M.; PRABHU, G.; PALSANIYA, D. R. Response of guinea grass (*Megathyrsus maximus*) genotypes to intercropping with forage legumes under varying nitrogen management options. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 4, p. 888-896, 2018.

COSTA, H. L. S. **Avaliação de características produtivas e morfológicas de genótipos de capim-elefante de diferentes portes submetidos à estratégias de frequência de corte**. 2019. 67f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

CRESTANI, S. et al. Steers performance in dwarf elephant grass pastures alone or mixed with *Arachis pintoi*. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 6, p. 1369-1374, 2013.

CUNHA, M. V. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 482-488, 2011.

DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DOURADO, D. L. et al. Canopy structure and forage nutritive value of elephantgrass subjected to different stocking rate and N fertilization in the “Mata Seca” ecoregion of Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

DUBEUX Jr, J. C. B. et al. Multiple ecosystem services of arboreal legumes. **The Journal of the International Legume Society**, v. 17, p. 10-12, 2019.

EPIFANIO, P. S. et al. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 8, p. 718-729, 2019.

FREITAS, R. S. et al. Dry matter yield and nutritional characteristics of elephant-grass genotypes. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 35, p. 1-8, 2019.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1146-1171, 2015.

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropics—an overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 374-379, 2003.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51-57, 2015.

HEDAYETULLAH, Md; ZAMAN, P (Ed.). **Forage Crops of the World, Volume I: Major Forage Crops**. Oakville, ON: Apple Academic Press, 2019. 377p.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1791-1794.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18<sup>th</sup> ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. Official Methods: 930.15 (dry matter), 954.01 (crude protein).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LEE, M. A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of Plant Research**, v. 131, n. 4, p. 641-654, 2018.

LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. (Ed.). **Grassland productivity and ecosystem services**. Oxford: CABI, 2011.

LIRA, M. A. et al. **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 2010. 229p.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358.

MACHOLDT, J. et al. Long-term analysis from a cropping system perspective: yield stability, environmental adaptability, and production risk of winter barley. **European Journal of Agronomy**, v. 117, p. 126056, 2020.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic press, 2011. 649p.

MEAD, R.; WILLEY, R. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental agriculture**, v. 16, n. 3, p. 217-228, 1980.

MOHAMMED, S. A. A. Effect of weed control on growth and seed production of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) under Rainfed Conditions at Zalingei Western Darfur State-Sudan. **ARNP Journal Science of Technology**, v. 3, p. 523-8, 2013.

MORENZ, D. A. et al. Agronomic characteristics and nutritive value of elephant grass clones managed under rotational stocking during the dry period. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 3817-3827, 2017.

MUIR, J. P. et al. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, e5648, 2019.

OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.

OLIVEIRA, O. F. et al. Mimosa caesalpiniiifolia Benth: an important legume in Brazil semi-arid. **The Journal of the International Legume Society**, v. 18, p. 18-22, 2019.

PIEPHO, H. Stability analysis using the SAS system. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 1, p. 154-160, 1999.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. 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.

RECKLING, M. et al. Methods of yield stability analysis in long-term field experiments. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 2, p. 1-28, 2021.

RIBEIRO, R. E. P. **Estabelecimento, respostas produtivas e morfológicas de genótipos de *Pennisetum* sp. de diferentes portes sob corte e irrigação**. 2019. 107f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SAS Institute Inc. (2014). **SAS® OnDemand for Academics: User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 148p.

SANCHÊS, S. S. C. et al. Quantitative anatomy and in situ ruminal degradation parameters of elephant grass under different defoliation frequencies. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 166-177, 2018.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa. 355p.

SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

SEIBT, D. C. et al. Forage production in mixed grazing systems of elephant grass with arrowleaf clover or forage peanut. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 174-180, 2018.

SHARMA, S.; SHAHZAD, A. Climbers: Evolution and Diversification in Angiosperm. In: SHARMA, S.; SHAHZAD, A. SIDDIQUI, S. A. **Biotechnological strategies for the conservation of medicinal and ornamental climbers**. Charm: Springer, 2016. p. 3-19.

SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. **Heredity**, v. 29, n. 2, p. 237-245, 1972.

SILVA, A. B. et al. Agricultural answers and chemical composition of Massai grass under different nitrogen doses and urea sources. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1225-1238, 2018.

SILVA, I. A. G. et al. Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358-369, 2021.

SILVA, J. K. B. et al. Dwarf versus tall elephant grass in sheep feed: which one is the most recommended for cut-and-carry?. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 1-14, 2021b.

SILVA, P. H. F. et al. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects, cut-and-carry and grazing management. **Ciência Rural**, v. 51, e20200848, 2021a.

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, e20180011, 2019.

SINGH, B. P. **Biofuel crops: production, physiology and genetics**. (Ed). Oxford, UK: CABI, 2013. 631p.

SOUZA, A. H. C. et al. Productivity and morphological characteristics of buffel grass intercropped with butterfly pea under shade conditions. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, 2017.

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 elephantgrass Genotypes under irrigation as forage sources for ruminants: Herbage accumulation and nutritive value. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2392, 2021.

TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 245-254, 2010.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The Water Balance. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

T'MANNETJE, L.; JONES, R. M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. New York, NY: CABI. 451p.

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.

VIANA, B. L. et al. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1268-1275, 2018.

VIRGONA, J. M. et al. Australian legume research—synthesis and future directions. **Crop and Pasture Science**, v. 63, n. 9, p. 918-926, 2013.

WANG, Y.; MAJAK, W.; MCALLISTER, T. A. Frothy bloat in ruminants: cause, occurrence, and mitigation strategies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, p. 103-114.

WILLIAMS, M. J.; HANNA, W. W. Performance and nutritive quality of dwarf and semi-dwarf elephantgrass genotypes in the south-eastern USA. **Tropical Grasslands**, v. 29, 122-127, 1995.

WILLEY, R. W.; RAO, M. R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. **Experimental Agriculture**, v. 16, n. 2, p. 117-125, 1980.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. **Forage cell wall structure and digestibility**, 1993. p. 1-32.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. A. Temperature response of photosynthesis in C 3, C 4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, n. 1, p. 101-117, 2013.



## **CAPÍTULO II**

---

**Eficiência do uso de luz e estrutura do dossel de genótipos de capim-elefante  
de diferentes portes consorciados com cunhã**

## 1. RESUMO

Consórcios entre gramíneas e leguminosas podem modificar, consideravelmente, a estrutura do dossel formado, devido às diferenças de eficiência do uso de luz e água dessas espécies, embora seus respectivos aspectos morfofisiológicos e hábitos de crescimento possam atenuar os efeitos destas diferenças. Objetivou-se avaliar a eficiência do uso de luz e caracterizar a estrutura do dossel formado por genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.). Os genótipos Elefante B e IRI-381 (porte alto), Mott e Taiwan A-146 2.37 (anões), e a cunhã em consórcio com os mesmos, foram avaliados em 2019 e 2020. Maiores acúmulos de folhas por ano ( $P = 0,0351$ ) foram observados nos genótipos Elefante B ( $6,92 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e Mott ( $7,20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) sob monocultivo. Nos dosséis do genótipo Mott foram observados maiores coeficientes de extinção luminosa (0,47), densidade da forragem ( $49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), interceptação luminosa (74,30%), índice de área foliar (3,82) e maiores teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) na forragem colhida ( $181 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). Maiores teores de CNF também foram encontrados na forragem obtida via consórcio com a cunhã ( $178 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ). Os genótipos anões Mott e Taiwan A-1346 2.37, sob monocultivo ou consorciados com a leguminosa, tiveram piores eficiências do uso de radiação (EUR), comparativamente aos genótipos de porte alto Elefante B e IRI-381 ( $P = 0,0073$ ). Na comparação entre sistemas de cultivo, não houve diferença significativa ( $P = 0,1406$ ) entre o monocultivo dos genótipos e o consórcio com a cunhã sobre os coeficientes de extinção luminosa (0,45 e 0,44, respectivamente), nem sobre a EUR para os genótipos IRI-381 e Mott, nos dois sistemas de cultivo. A elevada proporção de colmos lignificados e a menor proporção de folhas dos genótipos Elefante B e IRI-381, de porte alto, conferem melhor eficiência no uso de luz para produção de forragem, ao passo que reduz a concentração de carboidratos não-fibrosos no tecido vegetal. O genótipo anão Mott apresenta elevado acúmulo de folhas com reduzida eficiência do uso de luz. Somado a isso, sua composição morfológica e suas características estruturais favorecem a síntese de carboidratos não-fibrosos nos tecidos vegetais. A inclusão da cunhã no sistema não reduz a eficiência do uso de luz pelas plantas, ao menos nos consórcios com os genótipos Mott e IRI-381, e também não compromete a penetração da radiação fotossintética até a base do dossel.

**Palavras-chave:** acúmulo de folhas, carboidratos não-fibrosos, consórcio gramínea-leguminosa, índice de área foliar, radiação fotossinteticamente ativa

## 2. ABSTRACT

Grass-legume intercrops can modify considerably the structure of canopies due to the differences regarded to the use efficiency of water and light from these species, although their morphophysiological aspects and growth habits can attenuate the effects of these differences. This study aimed to evaluate the radiation use efficiency and characterize the structure of canopies made of different-sized elephant grass genotypes (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) intercropped or not with the butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). The genotypes Elephant B and IRI-381 (tall-sized), besides the dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37, and the butterfly pea were assessed in 2019 and 2020. Greater annual leaf accumulation ( $P = 0.0351$ ) was observed in the harvesting of Elephant B ( $6,92 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) and dwarf Mott genotypes ( $7,20 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) under monocropping. Greater coefficient of light extinction (0.47), bulk density ( $49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), light interception (74.30%), leaf area index (3.82) were observed on dwarf Mott canopies, besides a greater non-fiber carbohydrates (NFC) content ( $181 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ). Greater NFC content also was found out in the forage from the intercrops with butterfly pea ( $178 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ ). Dwarf Mott and Taiwan A-146 2.37, under monocropping or intercropped with the legume, had a worst radiation-use efficiency (RUE) than the tall-sized genotypes Elephant B and IRI-381 ( $P = 0.0073$ ). Regarding the cropping systems, there was no significant difference ( $P = 0.1406$ ) between the genotypes' monocropping and the intercropping with butterfly pea regarding the light extinction (0.45 and 0.44, respectively), neither regarding the RUE of IRI-381 and dwarf Mott on the two cropping systems. The great proportion of lignified stems and the low one of leaves from the tall-sized genotypes, Elephant B and IRI-381, provide to them a better radiation use efficiency in order to produce forage, and reduce the non-fiber carbohydrates content in the vegetal tissue. Dwarf Mott genotype presents a great leaf accumulation with a low radiation use efficiency to produce forage. Furthermore, its morphological composition and structural traits favor the synthesis of non-fiber carbohydrates in the vegetal tissues. The butterfly pea's inclusion in the system does not reduce the radiation use efficiency by plants, at least in the intercrops with IRI-381 and Mott genotypes, neither reduces the penetration of photosynthetic radiation until the canopy basis.

**Keywords:** non-fiber carbohydrates, grass-legume intercropping, leaf accumulation, leaf area index, photosynthetically active radiation

### 3. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das gramíneas forrageiras tropicais mais utilizadas na formação de capineiras em regiões de clima tropical, subtropical e semiáridas, especialmente devido à sua elevada produtividade (SILVA et al., 2021a). Em geral, apenas genótipos de porte alto da espécie são manejados sob corte. Porém, o capim-elefante apresenta ampla variabilidade em seu germoplasma, fato que permite a seleção de genótipos com características morfológicas, produtivas e de valores nutricionais consideravelmente diferentes entre si (CUNHA et al., 2011; GOMIDE et al., 2015; PEREIRA et al., 2017). Neste sentido, a seleção de genótipos de porte baixo tem ganhado relevância nas últimas décadas, mesmo para cultivo em capineiras (SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2021).

Genótipos de capim-elefante anão geralmente apresentam características morfológicas e estruturais, como maior relação folha:colmo, e maior número de folhas vivas por perfilho, fatores que podem refletir em melhor valor nutricional, quando comparados aos genótipos de porte alto (SOUZA et al., 2017). Por sua vez, os capins de porte alto apresentam características, como maior comprimento dos entrenós e maior proporção de colmos em sua composição morfológica, fato que lhes confere maior produtividade (SILVA et al., 2021).

Todavia, a falta de reposição de nutrientes no solo e o manejo inadequado das capineiras podem comprometer a produtividade e a persistência do capim-elefante (DOURADO et al., 2019). Desta forma, adotar sistemas de cultivo consorciados entre gramíneas e leguminosas pode atenuar esses efeitos negativos (SEIBT et al., 2018). A inclusão de leguminosas no sistema pode aumentar o aporte de nitrogênio via deposição e decomposição de serapilheira e raízes, reduzir o impacto ambiental pelo menor uso de fertilizantes (em especial os nitrogenados), além da possibilidade de melhoria do valor nutricional da forragem (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018; BOODEY et al., 2020).

O sucesso do consórcio entre gramíneas e leguminosas depende da compatibilidade entre as espécies, considerando a competição interespecífica por recursos como água, nutrientes e radiação fotossinteticamente ativa. Neste sentido, o consórcio entre o capim-elefante e a cunhã (*Clitoria ternatea* L.) pode ser compatível, por conta dos seus respectivos hábitos de crescimento cespitoso e volúvel, respectivamente (CRESTANI et al., 2013). A cunhã é uma leguminosa tropical, perene, que apresenta média exigência em fertilidade do solo, alta

produtividade. Isto possibilita seu manejo sob corte, inclusive em consórcio com gramíneas (MOHAMMED, 2013; OGUIS et al., 2019).

Entretanto, tanto o porte do capim-elefante quanto a consorciação com a cunhã podem alterar a estrutura do dossel, mesmo sob manejo de corte. A estrutura do dossel forrageiro refere-se ao arranjo espacial das plantas acima do solo, incluindo área, ângulos e arquitetura foliares (ROSSIELLO; ANTUNES, 2012). Essas características são essenciais para entender as respostas das plantas frente aos fatores ecológicos e como esses fatores podem influenciar a produção e qualidade da forragem (DA SILVA et al., 2015).

Além disso, a estrutura do dossel pode modificar verticalmente o grau de atenuação da radiação fotossinteticamente ativa (GUENNI et al., 2018). Em dosséis mais horizontais, há menor penetração de luz até a base e em dosséis mais verticais ocorre maior penetração. Desta forma, dosséis formados por leguminosas podem apresentar menor eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa do que aqueles formados por gramíneas (WILSON, 1963).

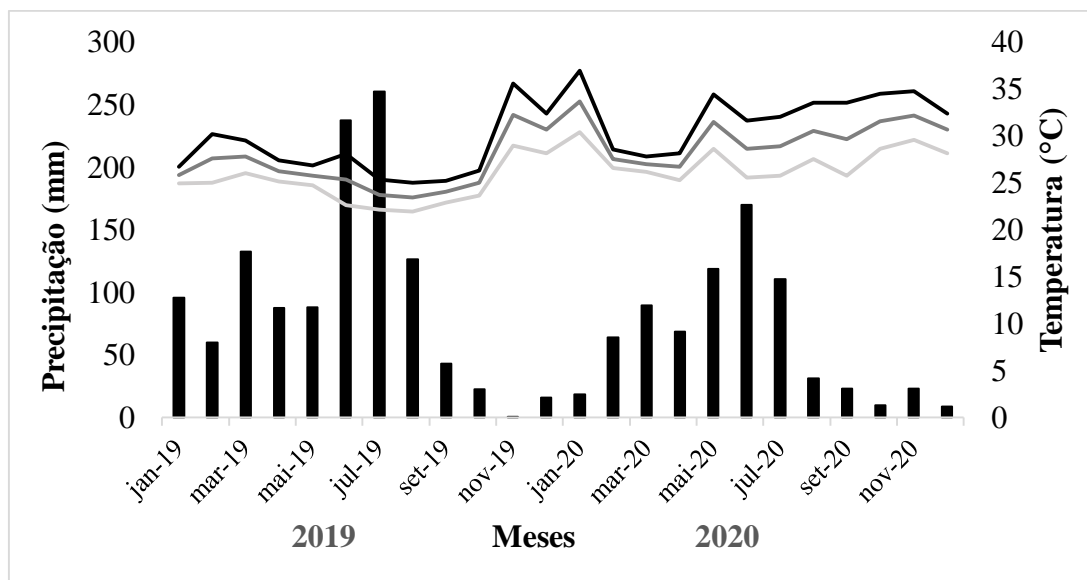
A hipótese deste trabalho é que genótipos de capim-elefante anão conferem menor eficiência do uso de luz devido à estrutura do dossel formado e que o consórcio entre capim-elefante e cunhã não altera negativamente a estrutura do dossel, devido à boa compatibilidade entre as espécies. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência de uso da radiação e a estrutura de dosséis formados por genótipos de capim-elefante de diferentes portes e pelos seus respectivos consórcios com a cunhã, sob manejo de corte.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EECAC/UFRPE), a 07°51'03" S, 35°15'17" O e 180 m de altitude. O clima do município de Carpina é As' (tropical seco), segundo Köppen e Geiger (1928), com período chuvoso de maio e agosto. A média histórica de precipitação é de 1100 mm/mês, enquanto a média de temperatura anual é 24,6 °C. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS et al., 2018). Os dados meteorológicos de 2019 e 2020 (Figura 1) foram obtidos junto à EECAC/UFRPE e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

O delineamento experimental ocorreu em blocos completos casualizados e arranjo fatorial (4 × 2), com quatro repetições (parcelas). Quatro genótipos de capim-elefante foram avaliados: Elefante B e IRI-381, de porte alto, além de Mott e Taiwan A-146 2.37, de porte baixo. Além disso, dois sistemas de cultivo foram estudados: o monocultivo do capim-elefante, além do

consórcio com a cunhã. Trinta e duas parcelas com 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m) de área total, 9 m<sup>2</sup> de área útil (3 × 3 m) e 1 m de espaçamento entre linhas foram formadas e divididas em 4 blocos, em 2014.



**Figura 1.** Precipitação mensal (■) e temperaturas máxima (—), média (—) e mínima (—) em 2019 e 2020. Fonte: EECAC/UFRPE e APAC (2020).

De 2014 até o final de 2017, os genótipos de capim-elefante foram avaliados e manejados sob corte em um estudo sobre critérios de frequência de colheita (COSTA, 2019). O autor concluiu que o critério de 60 dias é mais adequado para a colheita sob corte, comparado ao critério de 95% da interceptação luminosa (IAF crítico). O estabelecimento dos consórcios ocorreu no segundo semestre de 2018, com o plantio de mudas de cunhã com 60 dias de idade, entre as linhas de capim-elefante e com espaçamento de 0,5 m entre as mesmas, em 16 das 32 parcelas experimentais.

O experimento ocorreu entre 20 de março de 2019 e 04 de dezembro de 2020, com frequência de colheita de 60 dias e intensidades de corte a nível do solo para o capim-elefante, e de 20 cm de altura de resíduo para a cunhã. Oito colheitas foram realizadas ao longo do período experimental, sendo quatro delas em 2019 e outras quatro em 2020. As colheitas de número 1, 2, 3 e 4 ocorreram nos dias 20/05/2019, 20/07/2019, 20/09/2019 e 20/11/2019, respectivamente. As colheitas 5, 6, 7 e 8 ocorreram nos dias 04/06/2020, 04/08/2020, 04/10/2020 e 04/12/2020, respectivamente. A precipitação reduzida no final de 2019 e ao longo de 2020 (Figura 1) limitaram o número de colheitas, além das restrições de trânsito que ocorreram de abril a junho de 2020, devido à pandemia da Covid-19.

Foram realizadas adubações de manutenção, apenas nos períodos chuvosos, conforme recomendações de Cavalcanti et al. (2008) e os resultados de análise química do solo (Tabela 1). As doses de N, K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram 100, 60 e 70 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas após cada colheita. As parcelas cultivadas com cunhã não foram adubadas com N, somente com K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As doses foram aplicadas nas formas de ureia (450 g kg<sup>-1</sup> de N), cloreto de potássio (600 g kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e superfosfato triplo (460 g kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

**Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental em 2019, Carpina, Pernambuco, Brasil.

Profundidade (cm)	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	pH <sup>1</sup>	P
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>							mg dm <sup>3</sup>
0-20	0,05	0,06	1,60	0,80	0,00	2,40	5,5	5,00

<sup>1</sup>pH em água.

O acúmulo de folhas, por colheita e por ano, dos genótipos de capim-elefante em monocultivo ou consorciados com a cunhã (folhas dos genótipos + folhas da cunhã), a porcentagem de lâminas foliares, colmos e material morto dos genótipos de capim-elefante; além das porcentagens de folhas, ramos e vagens da cunhã, além da densidade da forragem, foram estimadas com base nos teores de matéria seca (MS, 930.15) que, por sua vez, foram determinados conforme AOAC (HORWITZ, 2005). Para tanto, a forragem foi colhida na área útil (9 m<sup>2</sup>) de cada parcela e pesada a cada 60 dias. Uma alíquota de 1 kg deste material foi identificada, pesada, fracionada em relação aos componentes morfológicos do capim-elefante e da cunhã e, por fim, seca em estufa de ventilação forçada, a 55 °C até peso constante.

A densidade da forragem foi estimada pela razão entre produção de matéria seca e altura média das plantas no dossel, estimada em quatro pontos na área útil (9 m<sup>2</sup>) de cada parcela. Também foram determinados o número de folhas vivas por perfilho do capim-elefante e o número de folhas por ramo da cunhã, em quatro plantas da área útil.

A interceptação luminosa, o índice de área foliar, o coeficiente de extinção luminosa, eficiência do uso de radiação e o parâmetro de distribuição de folhas foram estimados com auxílio de dados obtidos com o aparelho analisador de dossel AccuPAR LP-80, através de seis leituras acima e seis abaixo do dossel de cada parcela, considerando-se a área total (25 m<sup>2</sup>). O aparelho foi posicionado transversalmente às linhas dos genótipos de capim-elefante e da cunhã e as leituras foram realizadas em horários próximos às 12h, sob radiação incidente, conforme recomendação do fabricante (METER GROUP, 2018). A determinação do coeficiente de extinção luminosa ocorreu segundo a equação proposta por Sheehy e Cooper (1973), com base

na lei de Beer-Lambert, assumindo-se que dentro de um dossel forrageiro as folhas são distribuídas ao acaso:

$$k = \frac{\log_e \left( \frac{\text{RFA incidente}}{\text{RFA na base do solo}} \right)}{\text{IAF}}$$

Onde  $k$  é o coeficiente de extinção luminosa, RFA é a radiação fotossinteticamente ativa e IAF é o índice de área foliar.

A eficiência do uso de radiação representa a relação da quantidade total de forragem acumulada por unidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel (RFAi) (GUENNI et al., 2018). Desta forma, no presente estudo, a eficiência do uso de radiação ( $\text{g MS}^{-1} \text{ MJ}^{-1}$ ) foi calculada pela razão entre o acúmulo de forragem por colheita ( $\text{t ha}^{-1} \text{ MS}$ ) e a RFAi ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) que, por sua vez, foi determinada pela diferença entre a radiação fotossinteticamente ativa acima e abaixo do dossel de cada parcela. Normalmente, a eficiência do uso de radiação é determinada pela inclinação da curva da regressão entre acúmulo de forragem e radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel, porém a estimativa pela razão direta entre acúmulo de forragem e radiação interceptada é mais precisa, já que a inclinação da curva é igual à eficiência do uso de luz somente quando o intercepto é igual a zero (DRUILLE; OYARZABAL; OESTERHELD, 2019). Além disso, os teores de carboidratos não-fibrosos foram obtidos conforme Hall (2003), considerando a equação:

$$\text{CNF} = 100 - (\text{FDNcp} + \text{PB} + \text{EE} + \text{cinzas})$$

Onde: CNF são os teores de carboidratos não-fibrosos; FDNcp é o teor de fibra em detergente neutro isenta de cinzas (942.05) e proteínas; PB (954.01) é o teor de proteína bruta; e EE (920.39) é o teor de extrato etéreo. Os teores desses nutrientes foram determinados conforme metodologias da AOAC (HORWITZ, 2005).

Os dados foram submetidos a teste de normalidade dos resíduos (resíduos  $\times$  quantis) e analisados com auxílio do PROC MIXED do SAS<sup>®</sup> OnDemand for Academics (SAS, 2014). Os efeitos de genótipo, sistema de cultivo e a interação entre estes fatores foram considerados fixos. Os efeitos de ano, colheita, bloco e suas interações, além dos erros experimentais, foram considerados aleatórios. As médias foram comparadas pela probabilidade de diferença (“pdiff”)



ajustada para o Teste de Tukey ou Teste F ( $P < 0,05$ ). Assim, o modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \delta_l + \omega_m + e_{ijklm}$$

Onde:  $Y_{ijk}$  é a variável dependente;  $\mu$  é a média populacional;  $\alpha_i$  é o efeito fixo de genótipo de capim-elefante (1 a 4);  $\beta_j$  é o efeito fixo de sistema de cultivo (1 a 2);  $(\alpha\beta)_{ij}$  é o efeito fixo da interação entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo;  $\gamma_k$  é o efeito aleatório do ano de avaliação (1 a 2);  $\delta_l$  é o efeito aleatório de colheita (1 a 4);  $\omega_m$  é o efeito aleatório de bloco (1 a 4);  $e_{ijklm}$  é o efeito dos erros residuais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Resultados

Houve efeito de interação entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo sobre acúmulo de folhas por colheita ( $P = 0,0120$ ) e por ano ( $P = 0,0351$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Acúmulo de folhas, por colheita e por ano, de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes sob monocultivo, ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Acúmulo de folhas por colheita (t ha <sup>-1</sup> )		
Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	1,73 aA	1,09 bAB
IRI-381	1,39 aB	1,19 aA
Mott	1,80 aA	1,16 bA
Taiwan A-146 2.37	1,22 aB	0,83 aB
Acúmulo de folhas por ano (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )		
Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	6,92 aA	4,35 bAB
IRI-381	5,55 aB	4,78 aA
Mott	7,20 aA	4,63 bA
Taiwan A-146 2.37	4,86 aB	3,31 bB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável avaliada, não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: acúmulo de folhas por colheita = 0,29; acúmulo de folhas por ano = 0,82.

Maiores acúmulos de folhas, por colheita e por ano, foram observadas nos genótipos anão Mott e no Elefante B, de porte alto, tanto no sistema de monocultivo quanto no consórcio com

a cunhã (Tabela 2). Menores acúmulos de folhas por colheita e anuais foram encontradas no consórcio ‘Taiwan A-146 2.37 + cunhã’.

Foi observado apenas efeito de genótipo de capim-elefante sobre a composição morfológica da gramínea ( $P < 0,0001$ ), sem efeito significativo de sistema de cultivo ( $P = 0,3952$ ). O genótipo Mott destacou-se com maiores proporções tanto de lâminas foliares quanto de material morto (Tabela 3). Os genótipos de porte alto tiveram menores porcentagens de lâminas foliares comparativamente aos genótipos anões e o genótipo Elefante B teve maior proporção de colmos na forragem colhida, comparativamente aos genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37. Também foi observado efeito de genótipo ( $P = 0,0157$ ) sobre a porcentagem de folhas da cunhã consorciada com os clones de capim-elefante (Tabela 3). Uma menor porcentagem de folhas foi encontrada no consórcio da leguminosa com o genótipo anão Taiwan A-146 2.37, comparativamente aos consórcios com os clones de porte alto Elefante B e IRI-381.

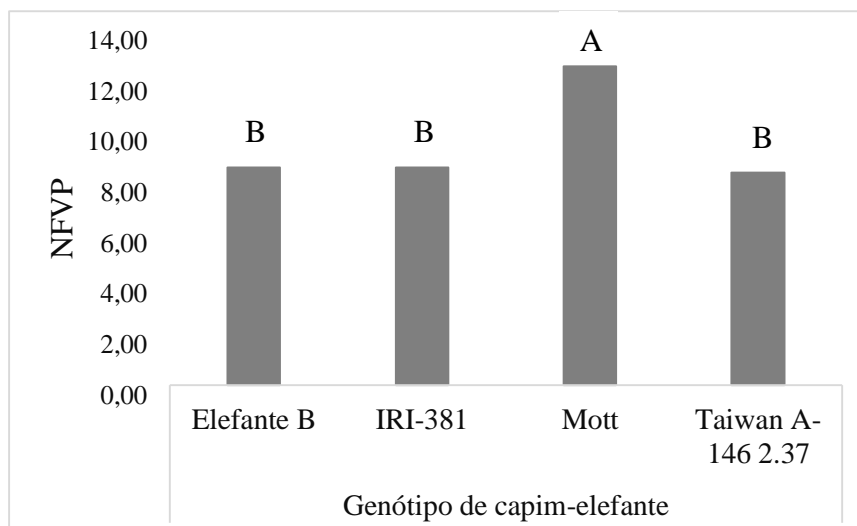
**Tabela 3.** Porcentagens de lâminas foliares (LF), colmos (C) e material morto (MM) dos genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, além da porcentagem de folhas da cunhã (F) consorciada com os respectivos genótipos, em 2019 e 2020.

Genótipo	LF (%)	C (%)	MM (%)	F (%)
Elefante B	39,61 C	47,46 A	12,93 BC	37,00 A
IRI-381	40,13 C	44,97 AB	14,90 B	36,00 A
Mott	50,18 A	32,00 C	17,82 A	35,78 AB
Taiwan A-146 2.37	44,88 B	42,98 BC	12,19 C	31,25 B

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: LF = 1,90; C = 5,86; MM = 4,60; F = 6,21.

Não foram observados efeitos de genótipo de capim-elefante sobre as porcentagens de ramos ( $P = 0,1402$ ) e vagens ( $P = 0,6869$ ) da cunhã consorciada com os mesmos e os valores médios para cada componente morfológico foram 28,15% e 22,71%, respectivamente.

Houve efeito apenas de genótipo ( $P < 0,0001$ ) sobre o número de folhas vivas por perfilho do capim-elefante, com um maior número de folhas nos perfilhos do genótipo Mott (13) (Figura 2).



**Figura 2.** Número de folhas vivas por perfilho (NFVP) de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, avaliados em 2019 e 2020. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média = 1.

Já para o número de folhas por ramo da cunhã, não houve diferença significativa observada, independente do genótipo consorciado com a leguminosa ( $P = 0,4435$ ). O valor médio observado foi 10.

Ocorreu efeito de interação entre genótipo de capim-elefante e sistema de cultivo sobre a densidade da forragem ( $P = 0,0024$ ). Tanto no sistema de monocultivo quanto no consórcio com a cunhã, maiores densidades de forragem foram observadas nos dosséis do genótipo anão Mott (Tabela 4). No sistema de monocultivo, o dossel do genótipo de porte alto IRI-381 teve menor densidade. Na comparação dos sistemas de cultivo, não foram observadas diferenças entre monocultivo ou consórcio com a cunhã nos dosséis de IRI-381 e Taiwan A-146 2.37. Já nos dosséis de Elefante B e Mott, maiores densidades ocorreram nos dosséis sob monocultivo.

**Tabela 4.** Densidade da forragem ( $\text{kg ha}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ) de dosséis formados por genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), em 2019 e 2020.

Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	36 aB	27 bB
IRI-381	29 aC	31 aB
Mott	49 aA	44 bA
Taiwan A-146 2.37	31 aBC	28 aB

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média = 4.

O parâmetro de distribuição de folhas foi 1,00 em todas as avaliações realizadas com o AccuPAR LP-80, independente do ano de avaliação, sistema de cultivo ou genótipo de capim-elefante. Por outro lado, ocorreram efeitos isolados de genótipo de capim-elefante ( $P < 0,0001$ ) e sistema de cultivo ( $P = 0,0002$ ) sobre a interceptação luminosa e IAF do dosséis (Tabela 5).

Os dosséis formados pelo genótipo anão Mott destacaram-se com maiores interceptação luminosa e IAF, assim como os dosséis do sistema de monocultivo em comparação àqueles consorciados com a cunhã. Além disso, foi observado um efeito isolado de genótipo de capim-elefante sobre o coeficiente de extinção luminosa ( $P = 0,0019$ ). Uma maior extinção luminosa foi observada nos dosséis formados pelo genótipo anão Mott em comparação àqueles formados por Taiwan A-146 2.37 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF) e coeficiente de extinção luminosa ( $k$ ) de dosséis formados por genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes, consorciados ou não com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), em 2019 e 2020.

Genótipo	IL (%)	IAF	$k$
Elefante B	71,12 B	3,55 B	0,44 AB
IRI-381	70,56 B	3,48 B	0,44 AB
Mott	74,30 A	3,82 A	0,47 A
Taiwan A-146 2.37	68,80 B	3,43 B	0,42 B
<b>Sistema de cultivo</b>			
Monocultivo	72,88 A	3,68 A	0,45 A
Consórcio	69,52 B	3,47 B	0,44 A

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável e mesmo fator (genótipo ou sistema de cultivo), não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: IL = 13,69 (genótipo e sistema de cultivo); IAF = 1,12 (genótipo e sistema de cultivo);  $k = 0,02$  (genótipo). Ns = não-significativo.

Houve efeito de interação (genótipo de capim-elefante  $\times$  sistema de cultivo) sobre a eficiência do uso de radiação (EUR) ( $P = 0,0073$ ). Menores eficiências do uso de radiação foram observadas para os genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37 (Tabela 6), tanto no sistema de monocultivo quanto no consórcio com a cunhã. Sob a perspectiva de produção de forragem, os genótipos de porte alto mostraram-se mais eficientes, com maior quantidade de forragem produzida por unidade de radiação fotossintética interceptada.

Na comparação entre os sistemas de cultivo, maior eficiência de uso da radiação foi observada nos monocultivos dos genótipos Elefante B e Taiwan A-146 2.37. Por outro lado, não houve diferença significativa entre monocultivo e consórcio para a eficiência do uso de luz dos genótipos IRI-381, Mott e da cunhã consorciada com eles (Tabela 6).

**Tabela 6.** Eficiência do uso de radiação ( $\text{g MS}^{-1} \text{MJ}^{-1}$ ) de dosséis genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes portes, consorciados ou não à cunhã (*Clitoria ternatea* L.), em 2019 e 2020.

Genótipo	Sistema de cultivo	
	Monocultivo	Consórcio
Elefante B	3,14 aA	2,14 bAB
IRI-381	2,85 aA	2,50 aA
Mott	2,12 aB	1,91 aBC
Taiwan A-146 2.37	2,02 aB	1,52 bC

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e por mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média = 0,40.

Foram observados efeitos isolados desses fatores sobre os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) ( $P < 0,0001$ ). Nas forragens colhidas do genótipo anão Mott foram encontrados maiores teores de CNF comparativamente aos capins de porte alto Elefante B e IRI-381, assim como na forragem obtida via consórcio com a cunhã comparativamente ao sistema de monocultivo (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes e sob monocultivo ou da forragem obtida destes genótipos e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em consórcio, em 2019 e 2020.

Genótipo	CNF ( $\text{g kg}^{-1} \text{MS}$ )
Elefante B	162 B
IRI-381	163 B
Mott	181 A
Taiwan A-146 2.37	167 B
Sistema de cultivo	
Monocultivo	159 B
Consórcio	178 A

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna, para uma mesma variável e mesmo fator (genótipo ou sistema de cultivo), não diferem entre si pelo teste de Tukey ou teste F ( $P < 0,05$ ). Erro-padrão da média: 15 (genótipo e sistema de cultivo).

## 5.2 Discussão

O valor padrão (1,00) do parâmetro de distribuição de folhas sugere que os dosséis formados pelos genótipos de capim-elefante, em consórcio com a cunhã ou não, apresentam ângulos foliares não muito verticais, como ocorre na cultura da cebola (*Allium cepa* L.) e nem muito horizontais como na cultura do morango (*Fragaria vesca* L.), por exemplo (METER GROUP, 2018). Os resultados de interceptação luminosa e o IAF (Tabela 5) foram baixos, considerando o potencial da cunhã e do capim-elefante (REIS et al., 2013; OGUIS et al., 2019).

As condições climáticas adversas de 2020 (Figura 1; Capítulo I, Figura 1) provavelmente contribuíram para isto. Porém, deve-se considerar que na colheita da forragem em capineiras ocorrem elevadas intensidades de corte com remoção de quase todo o aparato fotossintético (folhas), fato que modifica bastante a área foliar dos dosséis formados (CUNHA et al., 2011; SILVA et al., 2021). Além disso, o espaçamento de plantio adotado (1,0 m entre linhas) pode ter alterado a interceptação luminosa.

Os genótipos Elefante B e Mott, apesar das diferenças de porte (alto e baixo, respectivamente), se destacaram com maiores acúmulos de folhas por colheita e por ano (Tabela 2). Os dosséis de capim Mott, consorciados ou não, apresentaram maiores porcentagens de folhas (Tabela 3), densidade de forragem (Tabela 4), interceptação luminosa e índice de área foliar (Tabela 5), justamente devido à elevada produtividade de folhas, maior número de folhas vivas por perfilho (Figura 2) e curto comprimento dos entrenós (Capítulo I, Tabela 3).

Gomide et al. (2015) observaram maior densidade de forragem em pastos do capim anão BRS Kurumi ( $103 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), do que em pastos do genótipo de porte intermediário CNPGL 00-1-3 ( $59 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ). Viana et al. (2015) obtiveram maior número de folhas vivas por perfilho do capim Mott (10,5), comparado aos genótipos de porte alto Elefante B (7,8) e IRI-381 (7,6), em pastos de capim-elefante sob frequência de pastejo de 64 dias. Já Cunha et al. (2011) observaram maior IAF (2,8) em dosséis de capim Mott, comparado àqueles formados pelos genótipos Elefante B e IRI-381 (2,2) manejados sob corte. O capim Mott foi selecionado para ser explorado sob pastejo e por isso possui características como elevada relação folha:colmo (Capítulo I, Tabela 2) e curto comprimento dos entrenós (SOLLENBERGER, 1989; SILVA et al., 2021b), fato que lhe confere um maior acúmulo de folhas.

Neste sentido, o genótipo anão Taiwan A-146 2.37 se destacou negativamente com menores acúmulos de folhas por colheita e por ano, nos sistemas de monocultivo ou em consórcio com a cunhã (Tabela 2). A cultivar Taiwan A-146 e, conseqüentemente, suas progênes, apresenta folhas estreitas, eretas e porte baixo (CHENG, 1991; VIANA et al., 2018), características que lhe conferem baixa produtividade de folhas, comparativamente a genótipos de outros grupos morfológicos da espécie.

Os genótipos de porte alto apresentaram maiores eficiências do uso de radiação, comparativamente aos genótipos anões (Tabela 6). Como esta variável é uma relação entre o acúmulo de forragem e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (DRUILLE; OYARZABAL; OESTERHELD, 2019), a maior proporção de colmos do que de folhas na forragem colhida destes genótipos (Tabela 3) ajuda a explicar esta maior eficiência. Quando

manejado sob corte em capineiras, os perfilhos do capim-elefante são basais, em sua maioria, e os colmos geralmente são pesados, lignificados e com altos teores de matéria seca (PACIULLO et al., 2003; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2021). Apesar de isto contribuir negativamente para o valor nutritivo da forragem (SOUZA et al., 2021), contribui positivamente para os aspectos produtivos.

Por outro lado, as baixas eficiências de uso de luz observadas nos genótipos anões Mott e Taiwan A-146 2.37 se deram por motivos diferentes. No caso do genótipo Mott, a quantidade de radiação interceptada pelo dossel para produzir 1 g de MS foi alta, considerando as elevadas produções de folhas e interceptação luminosa, porém com um elevado coeficiente de extinção luminosa (Tabelas 2 e 5). Neste cenário, houve um menor grau de penetração de luz do topo até a base do dossel formado pelo genótipo Mott, fato que levou a um auto-sombreamento que resultou em maiores proporções de material morto (Tabela 3), devido aos processos acelerados de senescência das folhas nos estratos basais (WILSON, 1963; ROSSIELLO; ANTUNES, 2012; GASTAL; LEMAIRE, 2015). Neste caso, o critério adotado em relação ao manejo de colheita da forragem, sob frequência de 60 dias de rebrota, pode ter contribuído para o elevado acúmulo de material morto observado (DA SILVA et al., 2015).

Já no caso do Taiwan A-146 2.37, a baixa eficiência do uso de luz foi consequência da menor interceptação luminosa dos dosséis formados por este genótipo (Tabela 5), decorrente de características morfológicas como colmos finos e folhas estreitas (CHENG, 1991) já destacadas. Além disso, no consórcio do Taiwan A-146 2.37 com a cunhã, observou-se uma menor proporção de folhas da leguminosa, comparativamente ao que foi observado nos outros consórcios (Tabela 3), fato que reduz a atividade fotossintética dessas plantas (ROSSIELO; ANTUNES, 2012). Todos esses resultados refletiram em um reduzido acúmulo de folhas (Tabela 2) e de forragem (Capítulo I, Tabela 2) do Taiwan A-146 2.37 em monocultivo e do consórcio deste genótipo anão com a cunhã.

Vale ressaltar que, no presente estudo, a média de eficiência do uso de radiação em 2 anos de experimento foi  $2,23 \text{ g MS}^{-1} \text{ MJ}^{-1}$ , superior àquela relatada por Woodard e Prine (1993), de  $1,26 \text{ g MS}^{-1} \text{ MJ}^{-1}$ , quando os autores estudaram genótipos de capim-elefante de porte alto para produção de bioenergia.

Na comparação entre os sistemas de cultivo, maiores interceptações luminosas e índices de área foliar (Tabela 5) foram observadas nos dosséis sob monocultivo do que naqueles consorciados com a cunhã. Maiores acúmulos anuais de folhas também foram observados no sistema de monocultivo em relação ao consórcio (Tabela 2), com exceção do genótipo IRI-381.

Tais diferenças provavelmente ocorreram sob influência da adubação nitrogenada, realizada apenas no sistema de monocultivo. Gramíneas forrageiras tropicas apresentam respostas eficientes em função da adubação nitrogenada (SILVA et al., 2018). Além disso, as folhas dos vegetais superiores funcionam como um dreno eficiente de recursos disponíveis do solo, direta ou indiretamente (TAIZ et al., 2017). Assim, a nutrição mineral de plantas através de doses elevadas de N, via fertilizantes de rápida disponibilidade como a ureia, tende a aumentar consideravelmente a produção de folhas. Vale lembrar que, no cultivo de plantas forrageiras, as folhas são, ao mesmo tempo, o aparato fotossintético e o produto final mais importante a ser colhido (MARSCHNER, 2011; LEMAIRE; HOGDSON; CHABBI; 2011).

Oliveira et al. (2017) não observaram diferença no acúmulo de forragem por colheita do capim-elefante em monocultivo (7,80 t ha<sup>-1</sup>) ou consorciado (8,48 t ha<sup>-1</sup>) com leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.], mesmo ao terem aplicado doses de N em ambos os sistemas de cultivo. Por outro lado, Vieira et al. (2019) observaram maior proporção de lâminas foliares (44,60%) em pastos de capim-elefante consorciado ao amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.), do que naqueles sob monocultivo da gramínea (38,50%). Os autores também aplicaram doses de N em ambos os sistemas de cultivo.

Embora tenha ocorrido menor acúmulo de folhas nos consórcios (Tabela 2), não houve diferença significativa de eficiência do uso de radiação sobre os dosséis formados por IRI-381 e Mott nos dois sistemas de cultivo (Tabela 6). Na comparação entre um sistema de cultivo e outro, o efeito positivo da adubação nitrogenada com ureia provavelmente foi reduzido (SILVA et al., 2018) e um efeito positivo da inclusão da cunhã no sistema pôde ser observado, com um possível aporte de N no sistema pela serapilheira formada (ainda que em pouca quantidade), pela decomposição de raízes ou mesmo transferência direta (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Além disso, os respectivos hábitos de crescimento do capim-elefante (cespitoso) e da cunhã (volúvel) podem ter contribuído para uma maior eficiência do uso de luz pelas plantas nestes consórcios, com uma menor competição interespecífica por radiação fotossintética ativa (ANDRADE et al., 2015; BODDEY et al., 2020).

Apesar de o genótipo anão Mott e a inclusão da cunhã no sistema não terem melhorado a eficiência do uso de luz sob perspectiva da produção de forragem, ambos aumentaram consideravelmente os teores de CNF (Tabela 7), além de melhorar outros aspectos nutricionais já relatados (Capítulo I, Tabelas 7, 8 e 9). Os CNF são frações de alta taxa de degradação ruminal (SNIFFEN et al., 1992), fato que pode sugerir melhor valor nutritivo da forragem oriunda do genótipo Mott e dos consórcios com a leguminosa. Souza et al. (2021) observaram



maior proporção de CNF nas folhas do capim Mott irrigado ou não-irrigado, quando comparada às folhas dos genótipos Taiwan A-146 2.37, Elefante B e IRI-381. Lee (2018) conduziu uma revisão sistemática sobre o valor nutritivo de plantas forrageiras e concluiu que a maioria das leguminosas herbáceas apresentam menor teor de fibra e, conseqüentemente, maiores teores de carboidratos não-fibrosos, quando comparadas às gramíneas.

Somado a isso, esses resultados ajudam a compreender como o uso do genótipo anão Mott e a inclusão da leguminosa no sistema aumentaram a eficiência do uso de luz para sintetizar fotoassimilados e carboidratos de reserva, já que os CNF são açúcares simples como glicose, frutose e outros (fração A), amido, sacarose e pectina (fração B<sub>1</sub>) (HALL, 2003; MARSCHENER, 2011). Em manejo de colheita sob altas intensidades de corte, a concentração de carboidratos de reserva como amido e sacarose são importantes para a manutenção da perenidade da cultura (REIS et al., 2013; SILVA et al., 2021).

O genótipo Mott caracteriza-se por formar touceiras densas com coroas amplas e colmos grossos, porém menos lignificados, comparados àqueles dos genótipos de porte alto (SOLLENBERGER et al., 1989; VIANA et al., 2018; SOUZA et al., 2021). Isto foi verificado em alguns dos resultados da tese (Capítulo I, Tabelas 3 e 6) e possivelmente estão associados à maior concentração de carboidratos não-fibrosos do capim anão Mott.

## **6. CONCLUSÕES**

A elevada proporção de colmos lignificados e a menor proporção de folhas dos genótipos de porte alto, Elefante B e IRI-381, conferem maior eficiência no uso da radiação fotossintética para produzir forragem, ao passo que reduzem a concentração de carboidratos não-fibrosos na forragem colhida.

O genótipo anão Mott apresenta elevado acúmulo de folhas, com reduzida eficiência do uso de luz pelo dossel. Adicionalmente, suas características morfológicas e características estruturais favorecem a síntese de carboidratos não-fibrosos nos tecidos vegetais.

A inclusão da cunhã no sistema não reduz a eficiência do uso de luz pelas plantas, ao menos nos consórcios com os genótipos Mott e IRI-381, além de não comprometer a penetração da radiação fotossintética até a base do dossel.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: **Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25. 2015, Fortaleza. Dimensões tecnológicas e sociais da Zootecnia: anais. Fortaleza: ABZ, 2015. 2015.

BODDEY, R. M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 357-371, 2020.

CAVALCANTI, F. J. A.; LIMA JÚNIOR, M. A.; LIMA, J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2º aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco.

CHENG, Y. K. Forage breeding in Taiwan-Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 4, n. 3, p. 203-209, 1991.

COSTA, H. L. S. **Avaliação de características produtivas e morfológicas de genótipos de capim-elefante de diferentes portes submetidos à estratégias de frequência de corte**. 2019. 67f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

CRESTANI, S. et al. Steers performance in dwarf elephant grass pastures alone or mixed with *Arachis pintoi*. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 6, p. 1369-1374, 2013.

CUNHA, M. V. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 482-488, 2011.

DA SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F.; PEREIRA, L. E. T. Ecophysiology of C4 forage grasses— understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.

DOURADO, D. L. et al. Canopy structure and forage nutritive value of elephantgrass subjected to different stocking rate and N fertilization in the “Mata Seca” ecoregion of Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

DRUILLE, M.; OYARZABAL, M.; OESTERHELD, M. Radiation Use Efficiency of Forage Resources: A Meta-Analysis. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1770-1778, 2019.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1146-1171, 2015.

GOMIDE, C. A. M. et al. Structural traits of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes under rotational stocking strategies. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 32, n. 1, p. 51-57, 2015.

GUENNI, O. et al. Influence of low light intensity on growth and biomass allocation, leaf photosynthesis and canopy radiation interception and use in two forage species of *Centrosema* (DC.) Benth. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 4, p. 967-978, 2018.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 1, p. 3226-3232, 2003.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18<sup>th</sup> ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. Official Methods: 930.15 (dry matter), 920.39 (ether extract), 942.05 (ashes), 954.01 (crude protein).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LEE, M. A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of Plant Research**, v. 131, n. 4, p. 641-654, 2018.

LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. (Ed.). **Grassland productivity and ecosystem services**. Oxford: CABI, 2011. 305p.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic press, 2011. 649p.

METER GROUP. **AccuPAR PAR/LAI ceptometer model LP – 80: Operator's manual**. Pullman: Meter Group Inc. 81p.

MOHAMMED, S. A. A. Effect of weed control on growth and seed production of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) under Rainfed Conditions at Zalingei Western Darfur State-Sudan. **ARNP Journal Science of Technology**, v. 3, p. 523-8, 2013.

OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645, 2019.

OLIVEIRA, M. V. M. et al. Production and quality of forage under intercropping systems in the Cerrado/Pantanal Ecotone. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 2, 2017.

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.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. 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.

REIS, R.A. et al. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. (Ed. 1). Jaboticabal, SP: Funep, 2013. 714p.

ROSSIELLO, R. O. P.; ANTUNES, M. A. H.; Solar radiation utilization by tropical forage grasses: light interception and use efficiency. In: BABATUNDE, E. B. et al. **Solar Radiation**. Rijeka: InTech., 2012. p. 221-244.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355p.

SAS Institute Inc. **SAS® OnDemand for Academics: User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2014. 148p.

SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, p. 1-14, 2018.

SEIBT, D. C. et al. Forage production in mixed grazing systems of elephant grass with arrowleaf clover or forage peanut. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 174-180, 2018.

SHEEHY, J. E.; COOPER, J. P. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **The Journal of Applied Ecology**, p. 239-250, 1973.

SILVA, A. B. et al. Agricultural answers and chemical composition of Massai grass under different nitrogen doses and urea sources. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, p. 1225-1238, 2018.

SILVA, A. L. C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2132- 2140, 2010.

SILVA, M. C. et al. Characters of Pennisetum spp. used for the initial selection in the genetic improvement program for elephant grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2035-2042, 2016.

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

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOLLENBERGER, L. E. et al. Registration of "Mott" dwarf elephantgrass. **Crop Science**, v. 29, n. 3, p. 827-828, 1989.

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 elephantgrass genotypes under irrigation as forage sources for ruminants: herbage accumulation and nutritive value. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2392, 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 2017. 811p.

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.

VIANA, B. L. et al. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1268-1275, 2018.

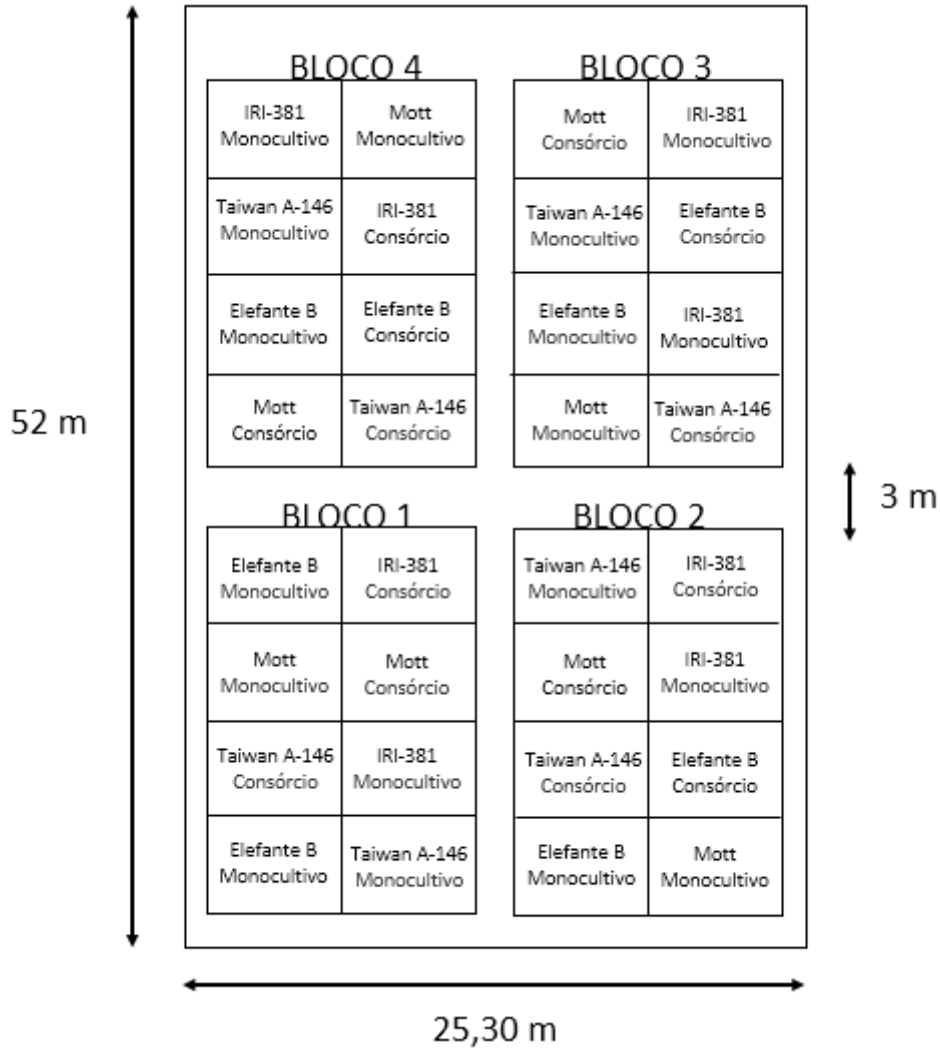
VIEIRA, A. C. et al. Plant and animal responses of elephant grass pasture-based systems mixed with pinto peanut. **The Journal of Agricultural Science**, v. 157, n. 1, p. 63-71, 2019.

WILSON, J. W. Estimation of foliage denseness and foliage angle by inclined point quadrats. **Australian Journal of Botany**, v. 11, n. 1, p. 95-105, 1963.

WOODARD, K. R.; PRINE, G. M. Regional performance of tall tropical bunchgrasses in the southeastern USA. **Biomass and Bioenergy**, v. 5, n. 1, p. 3-21, 1993.

## APÊNDICES

**Apêndice 1.** Croqui da área experimental, com parcelas formadas por genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schum. Syn. *Pennisetum purpureum* Schum.) em monocultivo ou consorciados com a cunhã (*Clitoria ternatea* L.).



**Apêndice 2.** Parcela experimental do consórcio entre o genótipo ‘Taiwan A-146 2.37’ e a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), aos 45 dias de rebrota.



**Apêndice 3.** Área experimental no dia 26/05/2019 (A), e no dia 12/02/2020 (B).

