



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

MARIA ALINE ALVES MOTA

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS DA *Clitoria ternatea* L. EM
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO: IMPACTO NA DIVERSIDADE E
COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS**

**RECIFE – PE
SETEMBRO – 2022**

MARIA ALINE ALVES MOTA

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS DA *Clitoria ternatea* L.
EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO: IMPACTO NA
DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS**

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

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Coorientador (es): Prof^ª. Dr^ª. Mércia Virginia Ferreira dos Santos.
Dr. Janerson José Coelho.

**RECIFE
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

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)

- M917a Mota, Maria Aline Alves
Aspectos morfológicos e produtivos da *Clitoria ternatea* L. em diferentes sistemas de cultivo: impacto na diversidade e comportamento de visitantes florais / Maria Aline Alves Mota. - 2022.
73 f. : il.
- Orientador: Marcio Vieira da Cunha.
Coorientadora: Mercia Virginia Ferreira dos Santos.
Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Leguminosa. 2. Capim-elefante. 3. Visitantes florais. 4. Consórcio. 5. Produção de forragem. I. Cunha, Marcio Vieira da, orient. II. Santos, Mercia Virginia Ferreira dos, coorient. III. Título

CDD 636

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

**ASPECTOS MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS DA *Clitoria ternatea* L.
EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO: IMPACTO NA
DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS**

Dissertação elaborada por

MARIA ALINE ALVES MOTA

Aprovado em 30/09/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia
(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Darcllet Teresinha Malerbo de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Valdson José da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia

BIOGRAFIA DA AUTORA

Maria Aline Alves Mota, filha de Maria Alves Ferreira Mota e Manoel de Brito Mota, nasceu no município de Ipaporanga - Ceará, em 18 de dezembro de 1995. Em dezembro de 2013 ingressou no curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus Crateús*, onde exerceu atividades de monitoria, além de pesquisa e iniciação científica, por meio do Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa e Estímulo à Interiorização BPI da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, nas áreas de Forragicultura e Bioquímica. Em 2018 concluiu a graduação e obteve o título de Bacharel em Zootecnia. Em agosto de 2020 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, com área de concentração em Zootecnia, na linha de pesquisa de produção, avaliação e conservação de plantas forrageiras e pastagens, sob orientação do Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha. Submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia no dia 30 de setembro de 2022.

Aos meus pais, Maria Alves Ferreira Mota e Manoel de Brito Mota, por tudo que fizeram e fazem por mim, por todo o apoio, amor, carinho e por nunca terem desistido de mim.

Ao meu irmão, Antônio Alípio Alves Mota, por toda a parceria ao longo da vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter me guiado, me dado força, fé e coragem a cada dia, incentivando-me nos momentos de dificuldades e dando-me sabedoria para alcançar mais uma etapa em minha vida.

À minha família: meus pais Maria Alves Ferreira Mota e Manoel de Brito Mota, por todo o incentivo, amor, carinho, apoio e compreensão a mim dedicados ao longo de toda a minha vida. Ao meu irmão, Antônio Alípio Alves Mota, por todo o apoio e parceria ao longo de todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha, pela oportunidade de ser sua orientanda, pelos ensinamentos, aprendizado, paciência, confiança e dedicação. Ao senhor prof. Márcio, o meu muito obrigada!

Aos meus coorientadores, Profa. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos e Dr. Janerson José Coelho, pela coorientação, paciência, disponibilidade, ensinamentos e pelo apoio nas decisões a serem tomadas durante a realização do nosso trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de participar do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante a realização do curso.

À Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC); ao Dr. Djalma Simões, pelo apoio durante a realização da pesquisa; ao técnico Evanilson Paulino e aos trabalhadores da estação, pela ajuda e apoio em campo durante a execução do experimento.

À minha grande companheira de experimento, Dayanne Camelo, pela colaboração, disponibilidade, ajuda, apoio e pelas muitas resenhas durante a realização da pesquisa.

Aos meus amigos da pós, Claudia Maciel, Daniel Bezerra, Lorrane Saldanha, Natália Viana, Roberto Sobral e Williane Diniz pela amizade, apoio, companheirismo e ajuda durante todo esse tempo.

Aos amigos do grupo de pesquisa em Forragicultura do Departamento de Zootecnia, em especial, Géssica Solanna, Italvan Macêdo, Letícia Nascimento, Lypson Simões, Suellen Costa, e a todos que, de alguma forma, me ajudaram direta ou indiretamente durante o meu trabalho.

Aos meus amigos de longa data, Emanuel Alves, Francisco Nunes, Juliene Brito, Samuel França, Simone Macedo e Socorro Martins por todo o apoio durante toda a etapa do mestrado.

À banca examinadora, pelo aceite do convite em participar e pelas valiosas contribuições.

A todos vocês, **MUITO OBRIGADA!**

"As pessoas não se importam com o quanto você sabe até saberem o quanto você se importa".

Theodore Roosevelt

RESUMO

A utilização de leguminosas em consórcio com gramíneas nos sistemas de produção animal podem trazer diversos benefícios, como fixação biológica do N₂, aumento no valor nutricional da dieta e disponibilidade de néctar e pólen para insetos polinizadores, contribuindo também para maior sustentabilidade e persistência do sistema. Assim, objetivou-se avaliar aspectos morfológicos e produtivos da leguminosa forrageira cunhã (*Clitoria ternatea* L.), bem como a abundância, diversidade e o comportamento de forrageamento de visitantes florais, em diferentes sistemas de cultivo (monocultivo e consórcio com genótipos de capim-elefante de distintos portes de planta), em diferentes épocas do ano. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, da UFRPE, durante os anos de 2021 e 2022. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A cunhã em monocultivo apresentou maior altura de planta (40,6 cm), largura de copa (43,4 cm), comprimento de ramos (6,8 cm), número de ramos primários (3,5 ramos planta⁻¹) e número de vagens por planta (7,4 vagens planta⁻¹). A produtividade foi maior no monocultivo comparado ao consórcio com capim-elefante, independente da época do ano. As flores da cunhã foram visitadas principalmente por espécies de abelhas e borboletas, destacando-se a abelha *Trigona spinipes*, que se apresentou como espécie dominante, independente do sistema de cultivo e da época do ano. O monocultivo de cunhã apresenta maior densidade de visitantes florais e o consórcio com genótipos de capim-elefante de porte alto apresentou maior índice de equidade do que o monocultivo. A diversidade de visitantes florais não diferiu entre a cunhã consorciada com capim-elefante de porte alto e o monocultivo. Conclui-se que o sistema de cultivo exerce maior influência sobre a morfologia e produtividade da cunhã do que a época do ano. A ocorrência de uma grande variedade de visitantes florais na cunhã mostra a importância da inclusão desta leguminosa no monocultivo de capim-elefante para manutenção da diversidade e maior equidade de visitantes florais.

Palavras-chave: Abelhas. Borboletas. Capim-elefante. Equidade. Porte da planta.

ABSTRACT

The use of legumes in intercropping with grasses in animal production systems can bring several benefits, such as biological N₂ fixation, increase in the nutritional value of the diet and availability of nectar and pollen for pollinating insects, also contributing to greater sustainability and persistence of the system. Thus, the objective was to evaluate morphological and productive aspects of the forage legume butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.), as well as the abundance, diversity and foraging behavior of floral visitors, in different cropping systems (monocropping and intercropping with wild elephant grass genotypes of different plant sizes), at different times of the year. The experiment was carried out at the Carpina Sugarcane Experimental Station, from UFRPE, during the years 2021 and 2022. The experimental design was randomized complete blocks, with four replications. The butterfly pea in monocropping presented greater plant height (40.6 cm), crown width (43.4 cm), branch length (6.8 cm), number of primary branches (3.5 branches plant⁻¹) and number of pods per plant (7.4 pods plant⁻¹). Productivity was higher in monocropping compared to the intercropping with elephant grass, regardless of the time of year. The flowers of the butterfly pea were visited mainly by species of bees and butterflies, highlighting the bee *Trigona spinipes*, which was the dominant species, regardless of the cultivation system and time of year. The monocropping of butterfly pea has a higher density of floral visitors and the intercropping with tall elephantgrass genotypes showed a higher level of equity than the monocropping. The diversity of floral visitors did not differ between the butterfly pea intercropped with tall elephant grass and the monocropping. It is concluded that the cropping system exerts a greater influence on morphology and productivity of the butterfly pea than the time of year. The occurrence of a wide variety of floral visitors in butterfly pea shows the importance of including this legume in the elephant grass monocropping to maintain diversity and greater equity of floral visitors.

Keywords: Bees. Butterflies. Elephant grass. Equitability. Plant size.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localização geográfica da Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), da UFRPE, Carpina - PE. | 29 |
| Figura 2. Temperaturas máxima, média e mínima do ar e umidade relativa do ar (A) e Precipitação pluviométrica e balanço hídrico (B) no período de julho de 2021 a junho de 2022, na Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC/UFRPE). Dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação obtidos junto à Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC 2022). | 30 |
| Figura 3. Densidade de visitantes florais (indivíduos m ⁻²) por sistema de cultivo (A) e época do ano (B). | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Características morfológicas, produtivas e estande da cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) em monocultivo e consorciada com capim-elefante de portes diferentes, aos 60 dias de rebrota em duas épocas do ano. | 35 |
| Tabela 2. Efeito da interação sistema de cultivo x época do ano sobre o número de flores por área e características produtivas da cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.), aos 60 dias de rebrota. | 36 |
| Tabela 3. Índices de diversidade de visitantes florais na cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) em monocultivo e consorciada com capim-elefante de portes diferentes, aos 60 dias de rebrota, em duas épocas do ano. | 38 |
| Tabela 4. Número de visitas diárias de visitantes florais, frequência, dominância e constância por dia na cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) em monocultivo ou consorciada com capim-elefante de diferentes portes. | 39 |
| Tabela 5. Efeito da interação sistema de cultivo x época do ano sobre o número de visitas por dia e da frequência de <i>Lerema</i> sp. na cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.), aos 60 dias de rebrota. | 41 |
| Tabela 6. Efeito dos sistemas de cultivo e da época do ano no forrageamento de visitantes florais na cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.)..... | 42 |
| Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características morfológicas e produtivas da cunhã e índices de diversidade e número de visitas diárias de visitantes florais. | 44 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1 CUNHÃ (<i>Clitoria ternatea</i> L.): CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E ASPECTOS GERAIS..... | 16 |
| 2.2 CAPIM-ELEFANTE [<i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone syn. <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.]..... | 20 |
| 2.3 CONSÓRCIO GRAMÍNEAS X LEGUMINOSAS | 22 |
| 2.4 IMPORTÂNCIA DOS POLINIZADORES PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA .. | 24 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO, CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E DE SOLO | 29 |
| 3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAIS | 31 |
| 3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO | 31 |
| 3.4 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS | 31 |
| 3.5 ABUNDÂNCIA, DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS | 33 |
| 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 34 |
| 4. RESULTADOS | 35 |
| 4.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS | 35 |
| 4.2 DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DE VISITANTES FLORAIS | 37 |
| 5. DISCUSSÃO | 45 |
| 5.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS..... | 45 |
| 5.2 DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DE VISITANTES FLORAIS | 48 |
| 6. CONCLUSÕES | 53 |
| REFERÊNCIAS | 53 |
| APÊNDICES | 70 |

1. INTRODUÇÃO

O uso de leguminosas pode proporcionar diversos benefícios para o sistema de produção animal, que incluem: fixação biológica de N₂ (BODDEY *et al.*, 2020; SCHULTZE-KRAFT *et al.*, 2018), forragem rica em proteína (CARADUS *et al.*, 2022; DE MORAIS *et al.*, 2014), fonte de alimento para insetos polinizadores ou outros herbívoros, adubo verde, sequestro de carbono (GUAN *et al.* 2016), recuperação de áreas degradadas (RESENDE *et al.*, 2013) ou improdutivas (MEDEIROS *et al.*, 2022), ciclagem de nutrientes (MUIR *et al.*, 2019), mitigação do CH₄ (BHATTA *et al.*, 2013; FAGUNDES *et al.*, 2020; VANDERMEULEN *et al.*, 2018), melhoria da qualidade do solo, aumento da produção de forragem e diminuição da utilização de fertilizantes nitrogenados (ŠIDLÁUSKAITĖ *et al.*, 2022). Apesar de sua importância para a produção agrícola, a utilização de leguminosas é desafiada por uma série de fatores bióticos (doenças e pragas), abióticos (seca, salinidade e estresse térmico) e edáficos (baixa fertilidade do solo) (OJIEWO *et al.*, 2019).

As leguminosas forrageiras são integrantes importantes em um sistema de produção agrícola (OJIEWO *et al.*, 2019). A utilização de leguminosas como a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), pode trazer benefícios para a produção animal em ambientes tropicais em virtude de sua resistência a seca (ABREU *et al.*, 2014; COOK *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2017) e baixa presença de compostos antinutricionais (JUMA *et al.*, 2006). A cunhã é uma leguminosa tropical, perene, herbácea, bastante vigorosa e persistente (HANSON; ELLIS, 2020). Pode ser utilizada para pastejo ou corte, produção de feno, na forma de banco de proteínas, adubo verde e de cobertura (COOK *et al.*, 2020).

A utilização de leguminosas em consórcio com gramíneas pode ser uma alternativa de exploração do sistema (PHELAN *et al.*, 2015), possibilitando o aumento de qualidade e quantidade de forragem distribuída ao longo do ano para a alimentação animal (SANCHEZ; ARANGO; BURKART, 2021; SILVA, 2021), redução dos custos com adubação, especialmente a nitrogenada (MEDEIROS *et al.*, 2020; OJIEWO *et al.*, 2019), além de melhorar a ciclagem de nutrientes e as condições físicas do solo (MUIR *et al.*, 2019). Quando utilizada em consórcio, a cunhã vem se destacando entre as leguminosas forrageiras tropicais em função da sua capacidade de adaptação aos diferentes climas, persistência, rendimento forrageiro, além de sua alta capacidade de associação com bactérias simbióticas fixadoras de N₂ (MISTURA *et al.*, 2011). Por possuir um hábito de crescimento volúvel, pode apresentar boa compatibilidade em consórcio com capim-elefante (ANDRADE; ASSIS; FERREIRA, 2015).

O capim-elefante (*Cenchrus purpureus* Schumach. Morrone Syn. *Pennisetum purpureum* Schumach) é uma das gramíneas mais difundidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo

(FERREIRA *et al.*, 2018; JAIME; ROSEMBERG; ECHEVARRÍA, 2019; ZETINA-CÓRDOBA *et al.*, 2013), sendo a principal planta forrageira usada em capineiras. Apresenta alta produtividade e acúmulo de matéria seca (VIDAL *et al.*, 2017), além de boa aceitabilidade pelos animais, valor nutritivo e persistência (PEREIRA *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2014). Os genótipos de capim-elefante apresentam porte distintos. Os de porte baixo ou anão apresentam menor alongamento do colmo, maior proporção de folhas e alta relação folha/colmo, fazendo com que apresentem melhor valor nutricional, enquanto os genótipos de porte alto se destacam por apresentar maior acúmulo de forragem (ANDRADE *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2021a; SILVA *et al.*, 2021b; SOUZA *et al.*, 2017; VIANA *et al.*, 2015).

Estudos antigos tinham como foco principal o aumento da produtividade. Contudo, estudos mais recentes têm buscado não apenas o aumento da produtividade, mas também a preocupação com questões ambientais. Assim, tem-se buscado estratégias que possam aumentar a produção e sustentabilidade do sistema de produção. Com isso, o conhecimento dos visitantes florais é de extrema importância para melhor escolha do manejo que auxilie na manutenção destes organismos (BROWN; BARTON; CUNNINGHAM, 2020). Os polinizadores desempenham um papel importante para a segurança alimentar proporcionando a produção de culturas agrícolas, uma vez que algumas leguminosas que possuem produção de sementes limitadas dependem da polinização para sua produção (SANCHEZ; ARANGO, BURKART, 2021) e outras, que são autopolinizadas, apresentam maior produção de sementes quando suas flores são visitadas por abelhas (PALMER *et al.*, 2009). A conversão da vegetação nativa em áreas cultivadas constitui-se como um dos principais fatores da perda de biodiversidade (DIAZ *et al.*, 2019) e de insetos polinizadores (GRAB *et al.*, 2019). Assim, a manutenção de polinizadores é indispensável para a produção vegetal (POTTS *et al.*, 2010), segurança alimentar (SANCHEZ; ARANGO, BURKART, 2021) e funcionamento do ecossistema (VAN DER SLUIJS, 2020).

Diferentes sistemas de cultivo e manejo promovem mudanças na morfologia e produtividade da cunhã (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2010b; TEIXEIRA *et al.*, 2010b). É possível que estas mudanças influenciem a diversidade e o comportamento dos visitantes florais. A introdução de cunhã em capineiras de capim-elefante pode melhorar o valor nutritivo da forragem produzida (LEMOS *et al.*, 2021; SILVA, 2021) e levar a maior estabilidade da produção de forragem (SILVA, 2021); entretanto, não se conhece o efeito do consórcio, porte da planta e da época do ano sobre a abundância, diversidade e comportamento de forrageamento dos visitantes florais. O conhecimento mais detalhado das características morfológicas e produtivas associadas aos visitantes florais nas leguminosas em consórcio com

capim-elefante em capineiras pode proporcionar informações importantes sobre os serviços ecossistêmicos fornecidos pelo sistema integrado de produção de forragem.

A hipótese deste trabalho é que o consórcio com capim-elefante de diferentes portes promove mudanças na morfologia e produtividade da cunhã e influenciam na abundância, diversidade e comportamento de forrageamento de visitantes florais. Assim, objetivou-se avaliar aspectos morfológicos e produtivos da cunhã, bem como a abundância, diversidade e comportamento de forrageamento de visitantes florais em diferentes sistemas de cultivo e épocas do ano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.): CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E ASPECTOS GERAIS

A *Clitoria ternatea* L., conhecida popularmente por cunhã, é uma espécie pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Clitoriinae* (ABREU *et al.*, 2014; OGUIIS *et al.*, 2019). A sua origem é indefinida (COOK *et al.*, 2020; HALL, 1985), porém há relatos que ocorreu na ilha Ternate, do arquipélago Molucas, na Indonésia (GUPTA; CHAHAL; BHATIA, 2010). Outros trabalhos indicam que essa espécie teve sua origem na Ásia (AVALOS *et al.*, 2004; BARRO; RIBEIRO, 1983; GOMEZ; KALAMANI, 2003), na América do Sul ou Central, no Caribe (COOK *et al.*, 2020). Provavelmente, isso ocorre devido ser uma espécie amplamente difundida e naturalizada ao redor do mundo (MORRIS, 2009).

A cunhã é uma leguminosa tropical, perene, herbácea, bastante vigorosa e persistente (HANSON; ELLIS, 2020), possui crescimento rasteiro e hábito volúvel (COOK *et al.*, 2020). As folhas são pinadas, com cinco ou sete folíolos e pecíolos de 1,5 a 3 cm de comprimento (TAUR *et al.*, 2010) e raízes profundas. Produz cerca de 8 a 11 sementes por vagem, estas sendo alongadas, pouco achatadas, com comprimento de 4,5 a 7 mm e de 3 a 4 mm de largura, cor marrom-escura a quase preto, brilhante (ALI *et al.*, 2013). Apresenta em torno de 23.000 sementes kg⁻¹ (COOK *et al.*, 2020).

As flores são axiliares, simples ou emparelhadas, com 42 mm de comprimento, 32 mm de largura, zigomorfas e bissexuais (ALURI; KUNUKU, 2021), com cor variando de azul a branca (MORRIS, 2009). As flores da cunhã abrem entre 7 e 8 horas a.m. durante a época chuvosa e entre 6 e 8 horas a.m. durante o inverno e verão (ALURI; KUNUKU, 2021). A cunhã é uma planta autopolinizada (CHEN *et al.*, 2018; COOK *et al.*, 2020). Entretanto, ela é principalmente polinizada por abelhas, borboletas e mariposas (KUMAR, 2017).

É uma leguminosa com alta aceitabilidade pelos animais e bom valor nutritivo. Geralmente é preferida pelos animais em comparação com outras forrageiras (ALURI; KUNUKU, 2021; GOMEZ; KALAMANI, 2003; ROUT, 2005), podendo ser utilizada para produção de feno e silagem, banco de proteína, cobertura de solo, forragem fresca no cocho, ornamentação e produção de componentes bioativos de valor medicinal (ALURI; KUNUKU, 2021; BARROS; ROSSETTI; CARVALHO, 2004; GOMEZ; KALAMANI, 2003; GUPTA; CHAHAL; BHATIA, 2010; MISTURA *et al.*, 2010; OGUIS *et al.*, 2019; PANDEYA *et al.*, 2010). Além disso, pode ser cultivada em consócio com outras plantas para utilização na alimentação animal (ARAUJO FILHO *et al.*, 1996; COSTA *et al.*, 2022; LEMOS *et al.*, 2021).

É amplamente disseminada por todo o globo terrestre e sua propagação é feita por sementes (AVALOS *et al.*, 2004; BARROS; ROSSETTI; CARVALHO, 2004). Entretanto, suas sementes apresentam dormência, representada pela impermeabilidade do tegumento a água. Este fenômeno influencia na germinação das sementes, pois ocorrerá de forma lenta e irregular, podendo provocar problemas no plantio e, conseqüentemente, no estabelecimento das plantas (MOREIRA; VIDAL NETO; ARAGÃO JÚNIOR, 1998). A imersão em ácido sulfúrico e a escarificação mecânica são os melhores métodos para a superação da dormência em sementes de cunhã (DIAS, 1996). As sementes de cunhã apresentaram taxa de germinação de 100% ao serem imersas em ácido sulfúrico concentrado por um período de 10 minutos (PATEL *et al.*, 2016).

A cunhã pode produzir elevadas quantidades de sementes e, uma vez estabelecida na área, pode competir com as ervas daninhas; no entanto, alguns métodos de controle de plantas invasoras são recomendados após a colheita da cultura (MORRIS, 2009). Khan *et al.* (2019) avaliaram a capacidade supressora de seis espécies forrageiras sob o crescimento de *Parthenium hysterophorus* L. em quatro condições de pressão de pastejo. Os autores relataram que a cunhã suprimiu o crescimento da erva daninha sob pressão de pastejo moderada. Os autores atribuíram esse resultado ao rápido alcance de altura, ramificações e a rápida produção de biomassa da espécie.

Essa leguminosa se desenvolve bem em uma grande variedade de solos, com pH de 5,5 a 8,9, mas adapta-se melhor na faixa de pH de 6,5 a 8,0 (COOK *et al.*, 2020) e a altitudes de 0 a 1.800 metros de altura, em regiões que possuem precipitação pluvial de 800 a 4.000 mm e temperaturas do ar de 19 a 32°C (GOMES; KALAMANI, 2003). Não suporta encharcamento do solo prolongado (BARRO; RIBEIRO, 1983; COOK *et al.*, 2020). Além de possuir tolerância à seca, adapta-se a regiões onde a precipitação é de apenas 380 mm/ano (BARROS; ROSSETTI; CARVALHO, 2004). Ainda apresenta resistência às variações climáticas, em

função da sua adaptabilidade e resiliência às condições de clima seco e ao seu potencial de regeneração logo após o começo da estação chuvosa (ABREU *et al.*, 2014).

Essa planta atinge altura de 60 a 70 cm (BARRO; RIBEIRO, 1983) e apresenta grande potencial para produção de forragem. De acordo com estes autores, a cunhã apresentou produções de aproximadamente 17; 19; 20 e 21 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca com idades de cortes de 42, 56, 70 e 84 dias, respectivamente. Enquanto Araújo Filho *et al.* (1994) relataram produções de 17, 24, 22 e 21 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca com as mesmas idades de corte, Silva (2011) relata produção média de matéria seca da cunhã de 4,88 t MS ha⁻¹ aos 65 dias.

Silva *et al.* (2010b) estudaram duas frequências de corte em leguminosas e observaram que a frequência de corte influenciou no acúmulo de biomassa da cunhã, com produção maior aos 56 dias, quando comparada aos 28 dias. Além disso, quando cortada aos 56 dias, a cunhã apresentou maior número de ramificações e os cortes mais frequentes resultou em menor desenvolvimento do sistema radicular da espécie.

A cunhã possui alta capacidade de se adaptar ao estresse, apresentando maior capacidade de rebrota em função da maior disponibilidade de carboidratos não estruturais (SOUZA *et al.*, 1996). Por apresentar alta taxa de rebrota dentre as leguminosas, é possível realizar até oito cortes por ano, com intervalos de 45 dias (HUTASOIT *et al.*, 2017). Geralmente é indicada para utilização sob corte, pois embora apresente certa resistência e persistência ao pastejo, quando pastejada com alta frequência, apresenta redução dos estantes de plantas e tende a desaparecer. Mistura *et al.* (2010) ressaltam que a cunhã, entre as leguminosas tropicais, demonstra um elevado potencial de exploração na região semiárida brasileira, por ser conhecida como uma das leguminosas mais precoces e produtivas em regiões tropicais (ZAKARIA *et al.*, 2018).

A cunhã apresenta resultados satisfatório quando submetidas a condições de sombreamento. Estudando o efeito de diferentes intensidades luminosas no crescimento e produção de sementes na cunhã, Turnos (2021) observou que a intensidade luminosa afeta significativamente a capacidade de produção de flores e sementes pelas plantas, uma vez que a maior intensidade de luz promoveu maior produção de flores, vagens e sementes. Souza *et al.* (2017) estudaram o efeito de diferentes níveis de sombreamento (26, 39, 55% ou pleno sol) no consórcio da cunhã com o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e relataram que a cunhã apresentou maior comprimento foliar e taxa de sobrevivência (76,9%) quando submetidas às condições altas de sombreamento (55%).

Quanto ao valor nutritivo dessa espécie, a cunhã possui um elevado teor proteico e teores moderados de fibra quando comparada à maioria das gramíneas tropicais (AVALOS *et al.*,

2004). Barros *et al.* (1991) estudaram com feno de cunhã no início da fase de produção de sementes e obtiveram teor de 226 g kg⁻¹ de proteína bruta. Nicodemo *et al.* (2015) avaliaram diferentes intervalos de frequência de corte em nove leguminosas forrageiras herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal e observaram que a cunhã apresentou teores de proteína bruta de 140 a 251 g kg⁻¹ ao sol, com frequências de corte de 30 a 180 dias e teores de proteína bruta de 160,2 a 220,7 g kg⁻¹ na sombra, com frequências de corte de 60 a 180 dias. Estudando a cunhã e outras forrageiras herbáceas, Teixeira *et al.* (2010b) observaram que a cunhã apresentou um dos teores de proteína bruta mais elevados, com valores de 270 g kg⁻¹ para folhas e 120 g kg⁻¹ para caules. Os teores de FDN e FDA da cunhã variam de 420 a 605 g kg⁻¹ e 376 a 474 g kg⁻¹, respectivamente (BARRO; RIBEIRO, 1983; BARROS *et al.*, 1991; JUMA *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2017). Abreu *et al.* (2014), na cunhã aos 70 e 90 dias, observaram teores de lignina de 45,2 e 48,9 g kg⁻¹ MS nas folhas, 117,1 e 114,5 g kg⁻¹ MS nos caules e 58,3 e 80,4 g kg⁻¹ MS nas vagens. Juma *et al.* (2006) relataram teor de tanino de 17 g kg⁻¹ MS na cunhã. Segundo os autores, a concentração de tanino na leguminosa estavam abaixo do nível crítico de 60 g kg⁻¹ MS e, por isso, provavelmente não teriam efeitos prejudiciais no desempenho animal, enquanto Santos *et al.* (2017) encontraram um teor de fenóis totais, taninos totais e condensados de 25 g de ácido tânico kg⁻¹ MS, 18 g de ácido tânico kg⁻¹ MS e 3 g de leucocianidina kg⁻¹ MS, respectivamente. Os valores de DIVMS podem variar conforme a frequência de corte da espécie. Nicodemo *et al.* (2015) relataram valores de DIVMS da cunhã de 660,1; 600,6; 580,1; 520,9; 460,9 e 390,8 g kg⁻¹ quando cortada com períodos de corte de 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias a pleno sol e valores de 600,7; 620,9; 520,3; 530,1 e 480,3 g kg⁻¹ quando cortada com períodos de corte de 60, 90, 120, 150 e 180 dias sob sombra, respectivamente. Lemos *et al.* (2021) observaram valores semelhantes de DIVMS de 657,1 g kg⁻¹ aos 60 dias, enquanto Santos *et al.* (2017) observaram que a DIVMS da cunhã foi 650 g kg⁻¹ MS em uma área de Caatinga no município de Petrolina em Pernambuco.

O feno de cunhã constitui-se como uma boa alternativa para suplementação animal durante o período seco, onde os rebanhos são criados em pastagem nativa, principalmente nas condições do seminário nordestino (LOPES; ARAÚJO FILHO, 1981). Além disso, o feno de cunhã demonstra-se como uma das alternativas para substituir os alimentos concentrados, em função do seu elevado teor proteico, e ainda por apresentar alta digestibilidade das matérias nitrogenadas em todos os períodos de corte (AZEVEDO; MORROS; ALVES, 1988).

O feno de cunhã tem proporcionado bons resultados no desempenho animal. Barros, Rossetti e Carvalho (2004) avaliaram a inclusão de feno na alimentação de cordeiros mestiços Santa Inês x Sem raça definida, em confinamento e concluíram que a adição de até 85% de feno

de cunhã promoveu um ganho de peso diário de 136 g e peso ao abate de 24 kg. Pereira *et al.* (2020) verificaram que o fornecimento de 83% de feno de cunhã e 17% de farelo de palma para caprinos mestiços Boer, proporcionou maior peso corporal ao abate (25 kg) em relação aos animais que receberam 70% de capim-elefante picado e 30% de concentrado (20 kg).

Além de ser utilizada para a produção de feno, a cunhã também pode ser conservada na forma de silagem. Heinritz *et al.* (2012) avaliaram a qualidade da silagem de dez leguminosas forrageiras, dentre elas a cunhã. Os autores relataram que a cunhã apresentou uma das três melhores capacidade de fermentação (69 g kg⁻¹ MS de carboidratos solúveis) e a melhor relação carboidrato solúvel/capacidade tampão (1,7), contribuindo para uma melhor qualidade da silagem.

Além da sua importância como forrageira, essa espécie se associa com bactérias do solo que fixam o N atmosférico (MISTURA *et al.*, 2011). Dwivedi e Kumar (2001) avaliaram o consórcio da cunhã com a gramínea *Setaria sphacelata* na Índia e relataram uma estimativa de teor de N no solo de 39,8 kg ha⁻¹. Oliveira *et al.* (1996) observaram que em quatro ciclos de 56 dias houve 82%, 86% e 93% de N fixado planta⁻¹ da cunhã em cultivo solteiro, consorciada com o capim-de-rhodes e consorciada com o capim-sempre-verde, respectivamente. Al-Fredan (2011) encontrou 50% de N fixado planta⁻¹ na cunhã.

Em um estudo realizado no México, Alderete-Chavez *et al.* (2011) relataram que após 180 dias de plantio da cunhã houve um aumento significativo do conteúdo de matéria orgânica e N no solo. Hosang *et al.* (2016) relataram que a cunhã pode fornecer um acúmulo de mais de 168 kg de N ha⁻¹ na biomassa acima do solo na forma de serrapilheira.

2.2 CAPIM-ELEFANTE [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone syn. *Pennisetum purpureum* Schumach.]

O capim-elefante pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae* e gênero *Cenchrus* L. (PEREIRA *et al.*, 2016), antigo *Pennisetum* (CHEMISQUY *et al.*, 2010). É uma gramínea forrageira originária do continente africano, difundida por diversos países, podendo ser encontrada em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo (FERREIRA *et al.*, 2018; JAIME, ROSEMBERG, ECHEVARRÍA, 2019; ZÉTINA-CORDOBA *et al.*, 2013). É bastante utilizada na alimentação animal devido a sua alta produtividade e acúmulo de matéria seca (VIDAL *et al.*, 2017), sendo uma forrageira adaptada às diferentes condições climáticas e de solos (SILVA *et al.*, 2021a).

Amplamente difundido por todo o Brasil, o capim-elefante é uma das gramíneas forrageiras tropicais de maior potencial de acúmulo de forragem, valor nutritivo, vigor e aceitabilidade pelos animais (SOUZA *et al.*, 2014) e persistência quando bem manejado (PEREIRA *et al.* 2021). Pode atingir níveis de produção de matéria seca de 5 a 17 t MS ha⁻¹ e de proteína bruta 47 a 119 g MS kg⁻¹ com idades de corte de 55 a 60 dias (FREITAS *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2017). Pode ser utilizado para pastejo ou corte (CHAVES *et al.*, 2013; CRESTANI *et al.*, 2013; CUNHA *et al.*, 2013; GOMIDE *et al.*, 2015; MARANHÃO *et al.* 2018; PEREIRA; LÉDO; MACHADO, 2017), produção de feno ou silagem (GIMENES *et al.*, 2016; MAPATO; WANAPAT, 2018; PEREIRA *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2010a; ZETINA-CÓRDOBA *et al.*, 2013), conforme a cultivar adequada para cada manejo e região.

Existe uma grande variabilidade genética nos genótipos de capim-elefante, sendo esses classificados em diferentes grupos (Anão, Cameroon, Mercker, Napier e os Híbridos) (PEREIRA *et al.*, 2001). Essa variabilidade promove diferenças que influenciam nas características agrônômicas, morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e reprodutivas desta espécie (ARAÚJO *et al.*, 2011), notadamente naqueles de porte baixo (grupo Anão) comparado aos de porte alto. Os genótipos de porte baixo apresentam menor alongamento do colmo, minimizando a redução do valor nutritivo com o avançar da maturidade, contrariamente aos genótipos de porte alto (CHAVES *et al.*, 2016).

Os capins de porte alto são principalmente utilizados para formação de capineiras (SINGH, 2013), em função da alta produção de forragem, que está associada ao maior alongamento do colmo e proporção de forragem colhida (VIANA *et al.*, 2015); contudo, genótipos de porte baixo, embora sejam utilizados principalmente sob pastejo (SILVA *et al.*, 2021b, VIANA *et al.*, 2018), também podem ser usados para formação de capineiras (RIBEIRO *et al.*, 2022), com objetivo de melhorar a qualidade da forragem produzida. Assim, o capim-elefante de porte baixo, ainda que apresente menor produção de forragem, produz melhor valor nutritivo, em função da sua maior relação lâmina foliar/colmo, uma vez que as folhas possuem maior valor nutricional quando comparado aos colmos (SOUZA *et al.*, 2019).

Assim, em capineiras, Silva *et al.* (2021a) avaliaram quatro genótipos de capim-elefante (dois de porte alto e dois de porte baixo) e relataram que os de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) proporcionaram maior consumo de matéria seca, ganho de peso, tempo de alimentação e retenção de nitrogênio, além de maior produção e eficiência da síntese de proteína microbiana quando comparado aos ovinos alimentados com cultivares de porte alto (Elefante B e IRI-381). Os autores recomendam a utilização de capim-elefante de porte baixo também

para capineiras. Além disso, os capins de porte baixo podem favorecer o consórcio com leguminosas (LEMOS *et al.*, 2021; SILVA, 2021).

2.3 CONSÓRCIO GRAMÍNEAS X LEGUMINOSAS

A consorciação de gramíneas e leguminosas permite que as gramíneas utilizem parte do nitrogênio fixado nas leguminosas pelas bactérias fixadoras de N₂ (CALONEGO *et al.*, 2012; NYFELER *et al.*, 2010; THILAKARATHNA *et al.*, 2012; ZEGADA-LIZARAZU; PARENTI; MONTI, 2021), resultando em melhorias para a produtividade a médio e longo prazo (DUBEUX JUNIOR *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Ali *et al.* (2014) relataram que a produtividade de MS da *Brachiaria decumbens* aumentou em 74,1% quando consorciada com a cunhã. Além disso, ocorre melhora na qualidade da forragem produzida, uma vez que a leguminosa, em geral, apresenta maior digestibilidade e teor de proteína bruta comparado à gramínea (BODDEY *et al.*, 2020; MUIR *et al.*, 2019). Silva (2021) relatou que o consórcio de capim-elefante com cunhã elevou os teores de PB na forragem produzida, além de aumentar a proporção de proteína solúvel verdadeira. Silva (2022) observou maior DIVMS da cunhã nos consórcios com os genótipos de capim-elefante Elefante B, IRI-381 e Taiwan A-146 2.37 (607, 608 e 584 g kg⁻¹ MS, respectivamente).

O consórcio entre essas plantas pode manter a estabilidade da produção e sustentabilidade do sistema (DIEHL *et al.*, 2013), contribuindo para o aumento da produção animal (TAMBARA *et al.*, 2017), aumento da ciclagem de nutrientes e diminuição do uso de fertilizantes nitrogenados (COSTA *et al.*, 2021), otimizando o uso da terra (JENSEN; CARLSSON; HAUGGAARD-NIELSEN, 2020). Além do mais, a introdução da leguminosa no consórcio pode diminuir a produção de metano entérico, em virtude da melhora no valor nutritivo e da presença de metabólitos secundários (taninos) nas leguminosas, que podem levar à diminuição da metanogênese no rúmen (BODDEY *et al.*, 2020).

Esse benefício oferecido à gramínea no consórcio ao utilizar o N₂ fixado pela leguminosa pode ocorrer de diversas formas, seja por meio da excreção pelas raízes, mas principalmente pela decomposição de nódulos, raízes e serrapilheira (THILAKARATHNA *et al.*, 2016). O cultivo em consórcio também proporciona maior cobertura do solo (ZIECH *et al.*, 2015), maior disponibilidade de nitrogênio e maior eficiência na ciclagem de nutrientes (PAES; SILVA, 2016; SILVA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2013).

Ademais, Silva (2021) observou maiores teores de cinzas na forragem dos consórcios de cunhã com os genótipos de capim-elefante Elefante B e IRI-381 (85 e 91 g kg⁻¹ MS,

respectivamente). Segundo o autor, esse resultado pode estar associado ao efeito benéfico do consórcio para a nutrição mineral de plantas, provavelmente devido à fixação de N₂ e uma serrapilheira de alta qualidade, em geral formada pelas folhas de leguminosas (BODDEY *et al.*, 2020).

O consórcio de gramíneas com leguminosas pode também diminuir a ocorrência de plantas invasoras. Azevedo Júnior *et al.* (2012) avaliaram o crescimento de espécies espontâneas em dois sistemas de cultivo de capim-elefante de porte alto (cv. 'Merckeron Pinda') em monocultivo ou consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg., cv. 'Amarillo') e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L., cv. 'Estanzoela 116') e observaram menor incidência de plantas de crescimento espontâneas nos sistemas consorciados.

Martuscello *et al.* (2011) avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada (0, 50 e 100 kg N ha⁻¹), do consórcio com *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. ou com *Calopogonium mucunoides* Desv., sobre os aspectos morfogênicos e produtivos da *Urochloa decumbens* (Stapf). R.D.Webster e observaram que o uso de leguminosas em consórcio proporcionou resultados similares ao monocultivo recebendo adubação.

Assim, além de promover aumento na produção vegetal, a produção animal também pode ser incrementada com o consórcio de gramíneas com leguminosas (OLIVO *et al.*, 2012). Moura *et al.* (2022) estudaram o desempenho de ovinos Santa Inês em pastagens de *Andropogon gayanus* em monocultivo ou consorciadas com as leguminosas forrageiras *Stylosanthes* sp. e *Calopogonium mucunoides*. Os autores verificaram que houve maior consumo e ganho de peso dos animais (143 g dia⁻¹) nos pastos consorciados.

A consorciação entre gramíneas e leguminosas pode resultar em silagens com maior valor nutritivo, pois a inclusão da leguminosa pode proporcionar maior valor proteico (LEMOS *et al.*, 2021). Contudo, silagens de gramíneas contendo leguminosas podem apresentar maior resistência ao declínio do pH, em virtude do alto poder tampão que as leguminosas possuem, podendo reduzir a capacidade de fermentação da silagem (LIU; DONG; SHAO, 2018). Oliveira Júnior (2018), analisando diferentes níveis (0, 20, 40 e 60%) de cunhã em substituição ao capim-elefante, na produção de silagem, ambos emurchecidos, relatou maior resistência na redução do pH e menores concentrações de ácido orgânicos nas silagens com maiores proporções de cunhã. Entretanto, o autor ressaltou que houve aumento nos teores de matéria seca e proteína bruta e diminuição nos teores de fibra em detergente neutro e ácido com a adição de cunhã. Costa *et al.* (2022) verificaram que silagens produzidas a partir da forragem colhida no consórcio de capim-elefante com cunhã não influenciou negativamente o perfil de

fermentação das silagens, mesmo com a participação relativamente grande (34-39%) da leguminosa na massa ensilada.

O porte da planta e suas características morfofisiológicas podem ser relevantes neste tipo de sistema (SILVA, 2021). A competição por recursos (água, nutrientes e luz) pode causar danos severos, podendo levar ao desaparecimento da leguminosa (SCHULTZE-KRAFT *et al.*, 2018). Azevedo Júnior *et al.* (2012) relataram maior proporção de amendoim forrageiro (40,82%) em relação ao trevo vermelho (23,10%), quando consorciado com capim-elefante de porte alto. Assim, o porte alto da gramínea pode ter causado sombreamento no trevo, provocando uma baixa persistência desta leguminosa no consórcio.

Além disso, a integração com leguminosas pode promover um importante benefício ambiental, como o aumento da abundância e da biodiversidade de polinizadores (DINGHA *et al.*, 2021; NORRIS *et al.*, 2018).

Os benefícios do consórcio entre gramíneas e leguminosas dependem de diversos fatores ambientais e genéticos. De acordo com Andrade, Assis e Ferreira (2015), a persistência de cada integrante de um sistema consorciado e o grau de compatibilidade entre estas espécies é indispensável para a eficiência agrônômica e econômica a longo prazo da consorciação de gramíneas e leguminosas. Assim, ao implantar um consórcio deve-se conhecer as espécies a serem utilizadas (TEIXEIRA *et al.*, 2010a), bem como suas características ecológicas, morfológicas e fisiológicas, sua forma de propagação, tolerância a desfolha e seu hábito de crescimento (ALVAREZ *et al.*, 2005), pois a competição por água, luz e nutrientes entre as espécies dentro do sistema é um dos principais limitantes para o estabelecimento e persistência do consórcio (LOPES *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2014), podendo levar ao desaparecimento da leguminosa (SCHULTZE-KRAFT *et al.*, 2018). Em virtude disso, é importante estudar as respostas morfológicas e produtivas de leguminosas a diferentes portes de planta da gramínea em consórcio.

2.4 IMPORTÂNCIA DOS POLINIZADORES PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A grande demanda da população por produtos de origem animal (BERNABUCCI, 2019) tem levado à intensificação ecológica dos sistemas de produção para atender às exigências do mercado (SAKAMOTO *et al.*, 2020), aumentando, assim, o retorno econômico e reduzindo os impactos ambientais (CASSMAN; GRASSINI, 2020), como a utilização da terra (MARTHA JUNIOR; ALVES; CONTINI, 2012) e a emissão de gases do efeito estufa (CARDOSO *et al.*, 2016; FAGUNDES *et al.*, 2020; RUVIARO *et al.*, 2015).

A intensificação muitas vezes consiste principalmente na conversão da vegetação nativa em áreas cultivadas, onde essa área é dominada apenas por uma espécie de alta produção (DA SILVA *et al.*, 2020) e submetida a diversas práticas que visam melhorar sua produtividade e qualidade nutricional (SANCHEZ; ARANGO, BURKART, 2021). Alguns fatores são utilizados para melhorar a produção, dentre eles o uso de fertilizantes (YOUSAF *et al.*, 2017), herbicidas (GERSSSEN-GONDELACH *et al.*, 2017), pesticidas (ZHANG *et al.*, 2015) e irrigação (TEMESGEN; AYANA; BEDADI, 2018; TURA; TOLOSSA, 2020). Assim, tem-se evidenciado uma forte associação entre estas formas de intensificação e a perda da biodiversidade (BOBBINK *et al.*, 2010; FONTANA *et al.*, 2016), incluindo a redução dos insetos polinizadores (POTTS *et al.*, 2010; POWNEY *et al.*, 2019; ZATTARA; AIZEN, 2021).

A polinização é um importante serviço ecossistêmico para a produção e desenvolvimento agrícola (EL ABDOUNI *et al.*, 2022), promovendo inúmeros benefícios, como a manutenção e variabilidade genética de populações de plantas nativas, que mantém a biodiversidade e as funções ecossistêmicas, além da oferta variada de frutos, sementes e produtos apícolas (COSTANZA *et al.*, 2017). Promove ainda melhora na qualidade e rendimento de muitas culturas em escala local e global (EL ABDOUNI *et al.*, 2022). Al-Kahtani, Taha e Al-Abdulsalam (2017) avaliaram o efeito da associação de três níveis de adubação fosfatada (0, 300 e 600 kg P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹) com polinização ou sem polinização na produção de sementes de alfafa (*Medicago sativa*). Os autores relataram que a associação da polinização por abelhas ou outros insetos com o nível de adubação fosfatada de 600 kg P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹ aumenta a produção de sementes na alfafa e que não há produção de sementes sem polinização por insetos.

O declínio de insetos polinizadores pode trazer uma enorme preocupação, não apenas em termos da perda de biodiversidade, mas também no impacto da polinização de culturas (GARIBALDI *et al.*, 2011; POTTS *et al.*, 2010) e manutenção da produção agrícola (GODFRAY *et al.*, 2010; RICKETTS *et al.*, 2008). A conversão da vegetação nativa em áreas cultivadas é uma das principais causas da perda de biodiversidade (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI *et al.*, 2017) em escala global (DIAZ *et al.*, 2019), incluindo diversas espécies de abelhas (GRAB *et al.*, 2019). Apesar da maioria dos polinizadores serem insetos, tais como abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros e tripes, existem alguns polinizadores vertebrados, tais como pássaros, morcegos, outros mamíferos e lagartos (POTTS *et al.*, 2016).

As abelhas são os principais insetos polinizadores (KLEIN *et al.*, 2007), tanto de culturas agrícolas como de espécies vegetais florestais (POTTS *et al.*, 2010). A alteração da paisagem que modifica os recursos florais e de nidificação é uma das principais causas desse declínio (GOULSON *et al.*, 2015).

Dentre as espécies de abelhas, a *Apis mellifera* é uma espécie de abelha importante, pois poliniza diversas culturas agrícolas em todo o mundo (KLEIN *et al.*, 2007; RADER *et al.*, 2009). A *Trigona spinipes* é outra importante espécie polinizadora, possuindo ampla distribuição geográfica na América do Sul (PEDRO, 2014) e encontrada em 21 dos 26 estados brasileiros (CAMARGO; PEDRO, 2013). Habita diversos biomas brasileiros como a Caatinga, Amazônia, Cerrado, Pampa, Mata Atlântica e Pantanal (TAVARES *et al.*, 2021), tornando-se uma espécie cosmopolita (KLEINERT; GIANNINI, 2012).

Assim, o conhecimento das associações entre os polinizadores e os diferentes componentes da paisagem é indispensável para direcionar a melhor estratégia de manejo da terra, objetivando manter as populações de polinizadores e os serviços de polinização (BROWN; BARTON; CUNNINGHAM, 2020), garantindo segurança alimentar (REILLY *et al.*, 2020) e o funcionamento do ecossistema (VAN DER SLUIJS *et al.*, 2020).

Uma estratégia para aumentar a diversidade de polinizadores em um sistema de produção de forragem, especialmente em capineiras, é a inclusão de leguminosas. A maior parte das leguminosas são polinizadas por insetos (SUSO *et al.*, 2016), indicando que a inclusão dessas espécies nesse sistema pode auxiliar na promoção de serviços ecossistêmicos (SANCHEZ; ARANGO; BURKART, 2021). Ramalho e Rosa (2010) relataram a presença de dez espécies de abelhas em flores de *Stylosanthes viscosa*. Ainda segundo os autores, uma grande parte são caracterizados como robustos, onde as abelhas do gênero *Xylocopa* estavam presentes entre as maiores. Diniz (2020) relatou a participação de quatro espécies de abelhas da família Apidae como visitantes florais em quatro genótipos de *Stylosanthes*, onde a abelha *Exomalopsis auropilosa* apresentou maior frequência de visitação.

Entretanto, apesar da grande importância dessas espécies, a utilização de leguminosas ainda é bastante limitada, principalmente nos países em desenvolvimento (OJIEWO *et al.*, 2019). A escassez de sementes é uma das razões que limita a utilização de leguminosas nos sistemas de produção animal na América Latina tropical (SANCHEZ; ARANGO; BURKART, 2021).

A utilização de culturas dependentes de polinizadores (POTTS *et al.*, 2016) tem levado muitos países a dependerem cada vez mais de insetos polinizadores (EL ABDOUNI *et al.*, 2022). Existem diferenças entre as leguminosas quanto ao seu sistema reprodutivo. Enquanto algumas leguminosas necessitam de insetos polinizadores para sua polinização, outras, dentre elas a maior parte das leguminosas forrageiras tropicais, são autopolinizadas (KUMAR; HANSON; ABDENA, 2020). Embora muitas leguminosas autopolinizadas apresentam uma

maior produção de sementes quando suas flores são visitadas por abelhas (PALMER *et al.*, 2009).

Os sistemas integrados de gramíneas e leguminosas geralmente são manejados para obter uma produção de forragem satisfatória e com ótimo valor nutritivo, minimizando, assim, a floração dessas plantas (SANCHEZ; ARANGO; BURKART, 2021), as diferenças fenológicas entre as espécies de leguminosas forrageiras possibilita o fornecimento de uma rica fonte de pólen e néctar para insetos, permitindo uma maior abundância e diversidade de polinizadores (FAHRIG *et al.*, 2011), além de permitir uma maior taxa de visitas de abelhas nas flores das leguminosas, podendo resultar em maiores rendimentos de sementes (SUSO *et al.*, 2016). Malerbo-Souza (2011) ressalta que aproximadamente 67% de todas as plantas com flores dependem das abelhas para polinização, e esses animais dependem diretamente da coleta de pólen e néctar para alimentar suas larvas e indivíduos adultos.

O pólen das leguminosas caracteriza-se por ser uma fonte rica em proteína e o néctar uma fonte de açúcares (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Além disso, o pólen fornece lipídios, vitaminas e minerais (DEGRANDI-HOFFMAN; ECKHOLM; HUANG, 2013; NICOLSON, 2011). Para maximizar a polinização e o desenvolvimento das culturas dependentes de polinizadores, não apenas a quantidade de polinizadores é importante, o comportamento de forrageamento também é indispensável, visto que nem todos os visitantes florais polinizam (RADERSCHALL *et al.*, 2021).

Os visitantes florais procuram os recursos nas flores e, dentre eles, tem aqueles que são considerados frequentes, acidentais, oportunistas, ilegítimos, generalistas ou especialistas. Contudo, para ser considerado um polinizador efetivo, o visitante floral necessita realizar a transferência de pólen das anteras para o estigma da flor de uma mesma espécie de planta. Este processo caracteriza a polinização e pode acontecer com o pólen e o estigma de uma mesma flor (autopolinização), com a antera e o estigma de flores diferentes de uma mesma espécie (geitonogamia) e, entre a antera e o estigma de flores de espécies diferentes (xenogamia) (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). Ainda segundo esses autores, há alguns requisitos que devem ser levados em consideração para caracterizar um visitante floral como polinizador, como, por exemplo, a realização de visitas legítimas, o carregamento de pólen e o contato com o estigma. Além disso, há também alguns critérios que caracterizam ainda mais a eficiência de um polinizador, como ser frequente, apresentar fidelidade à planta e desenvolver uma rota de voo favorável entre as flores do mesmo indivíduo. Gill, Baldock e Brown (2016) relatam que o forrageamento por abelhas é limitado pelo alcance de voo ao redor do ninho.

Os visitantes florais ilegítimos não deveriam ser considerados como polinizadores nas redes mutualistas (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). Contudo, alguns trabalhos avaliaram o papel desses insetos como positivo, tendo em vista que eles diminuíram a oferta de recursos, levando os polinizadores a realizarem mais visitas, o que conseqüentemente aumenta o número de visitas (IRWIN *et al.*, 2010; MILET-PINHEIRO; SCHLINDWEIN, 2009). Além disso, em alguns casos, os pilhadores acidentalmente polinizaram as flores e depositaram pólen nos estigmas (FUMERO-CABÁN; MELÉNDEZ-ACKERMAN; 2007). Contudo, vale ressaltar que esse efeito de pilhagem de néctar pode causar danos nas flores. Silva *et al.* (2014) relataram que a *Trigona spinipes* causou danos as flores da espécie *Passiflora alata* Curits, ao perfurar a câmara nectarífera, atingindo os vasos condutores e, conseqüentemente, levou à senescência da flor.

As abelhas apresentam diferentes comportamentos de forrageamento em busca de néctar ou pólen (SPRENGEL, 1793), dentre eles: 1) polinização legítima, em que as abelhas inserem a probóscide na flor para coletar pólen e néctar, transferindo o pólen para o estigma (TASEI, 1976); 2) roubo de néctar, caracterizado pela abelha extrair o néctar sem entrar em contato com as partes reprodutivas das flores, onde muitas vezes elas abrem um buraco no tubo da flor (INOUE, 1980; TASEI, 1976); e 3) visitas a nectários extraflorais, em que as abelhas coletam o néctar de nectários presentes fora das flores sem fornecer polinização (BOND; POULSEN, 1983). Esses comportamentos dependem da morfologia da flor e, portanto, nem todos os três comportamentos podem ser observados em todas as culturas (RADERSCHALL *et al.*, 2021).

Avaliar índices faunísticos, como a frequência, constância, abundância, dominância, entre outros, é fundamental para obter informações sobre esses possíveis polinizadores e a sua importância para o sistema de produção. Assim, o levantamento de insetos é de extrema importância para os estudos ecológicos, pois é praticamente impossível contar com precisão todos os insetos presentes em um determinado habitat, sendo tais estudos realizados por meio de estimativas de população por meio de amostragem (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976).

Apesar da importância dos polinizadores, os produtores frequentemente demonstram pouco interesse em polinizadores e seus serviços ecossistêmicos realizados, especialmente em países em desenvolvimento (CHRISTIMANN *et al.*, 2021). Isso sugere uma necessidade de mais estudos sobre os polinizadores e sua contribuição para produção agrícola, a fim de encontrar uma melhor forma de manejo desses sistemas, visando a manutenção desses insetos polinizadores, o aumento da produção, persistência e sustentabilidade do sistema de produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO, CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E DE SOLO

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O município de Carpina está localizado na Zona da Mata Setentrional do estado de Pernambuco, possuindo altitude média de 180 m, latitude de 07°51'03" sul e longitude de 35°15'17" oeste (Figura 1).

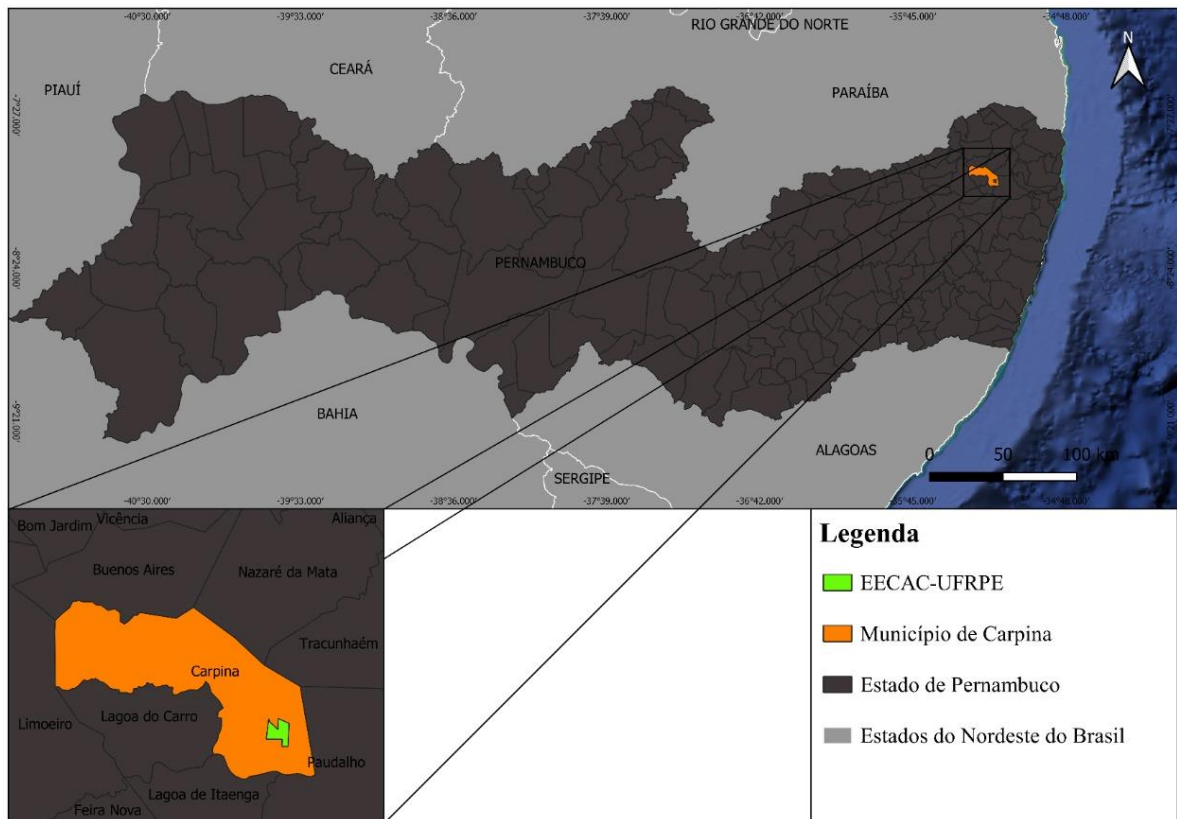


Figura 1. Localização geográfica da Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), da UFRPE, Carpina - PE.

De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), o clima da região é do tipo As' (tropical seco), com período chuvoso de maio a agosto e temperatura do ar e precipitação pluvial médias anuais de 24,6 °C e 1100 mm, respectivamente. Durante o período experimental (julho/2021 a junho/2022), a precipitação pluviométrica acumulada foi de 1220,7 mm, sendo 146,6 mm, 34,7 mm, 301,9 mm e 618,7 mm, respectivamente, para os quatro ciclos de colheitas avaliadas. As temperaturas do ar máximas, médias, mínimas e umidade do ar foram 32,5°C, 26,7°C, 21°C e 46%, respectivamente. Os dados climáticos (temperatura, umidade e precipitação) e o balanço hídrico do solo com base na evapotranspiração potencial

(CAMARGO; CAMARGO, 2000; THORNTHWAITTE; MATHER, 1955), durante o período experimental encontra-se na Figura 2.

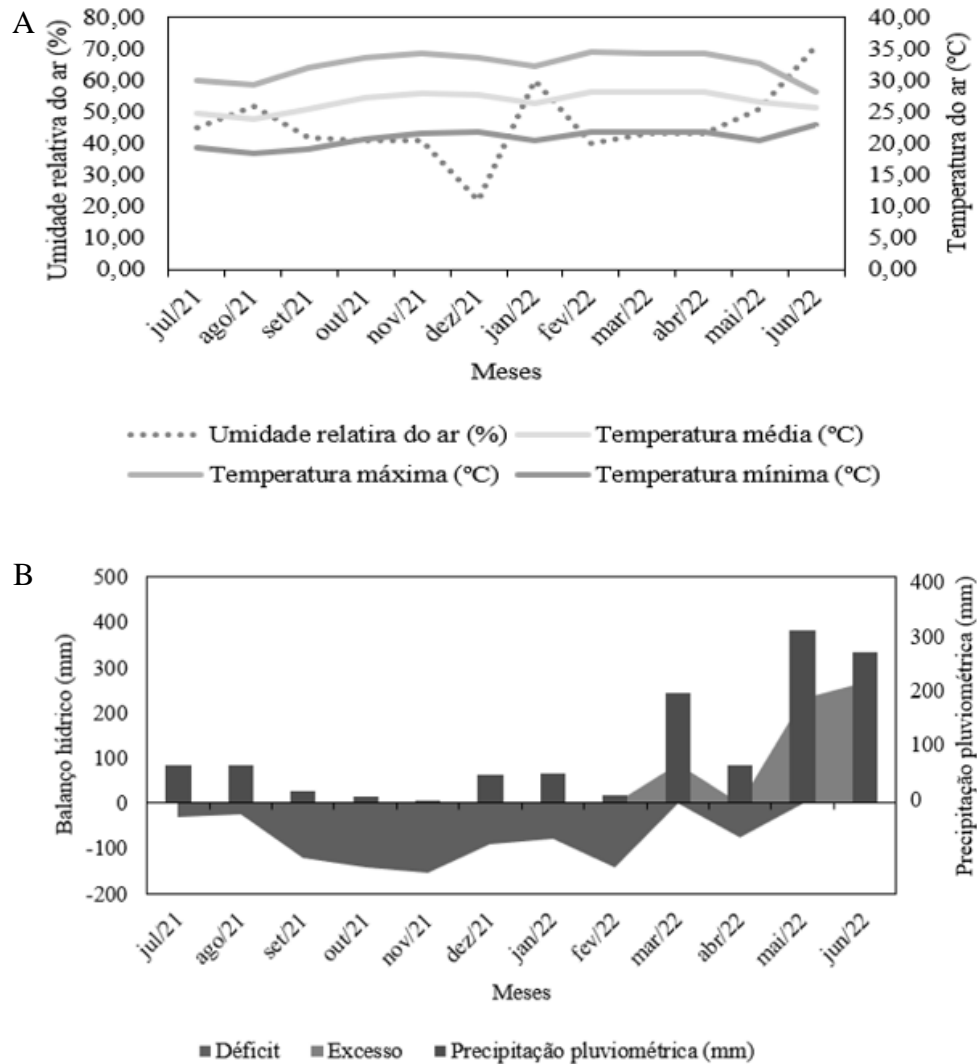


Figura 2. Temperaturas máxima, média e mínima do ar e umidade relativa do ar (A) e Precipitação pluviométrica e balanço hídrico (B) no período de julho de 2021 a junho de 2022, na Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC/UFRPE). Dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação obtidos junto à Estação Experimental Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC 2022).

O solo predominante é Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS *et al.*, 2018), com topografia plana a suavemente ondulada. Foi realizada uma coleta de solo no início do período experimental (julho/2021), na profundidade de 0-20 cm. Conforme a análise de solo, a classe textural foi franco arenoso. A composição granulométrica e os resultados das análises físico-hídricas da amostra de solo foram: argila = 17%; silte = 8%; areia grossa = 48%; areia fina = 27%; densidade do solo = 1,46 g.cm⁻³ e densidade de partículas = 2,57 g.cm⁻³. E as características químicas do solo foram: pH em água = 5,80; P (Mehlich I) = 16 mg.dm⁻³; K =

$0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Na} = 0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 2,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 1,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 0$ e $\text{H}+\text{Al} = 2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAIS

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos experimentais foram monocultivo de cunhã (*Clitoria ternatea* L.), consórcio de cunhã com genótipos de capim-elefante de porte alto (IRI-381 e Elefante B) e consórcio de cunhã com genótipos de porte baixo (Taiwan A-146 2.37 e Mott), em duas épocas do ano (chuvosa e seca).

3.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

Os genótipos de capim-elefante foram plantados no segundo semestre de 2014, em sulcos com espaçamento de 1,0 m, em parcelas de 25 m^2 (5m x 5m), com 9 m^2 (3m x 3m) de área útil. A cunhã foi implantada em 2018, no monocultivo em parcelas (2m x 1m), com $0,75 \text{ m}^2$ de área útil, e nas entrelinhas do capim-elefante no consórcio, com espaçamento de 50 cm entre plantas. O plantio da cunhã foi realizado em covas, numa profundidade de 15 cm, a partir de mudas com 60 dias de idade produzidas a partir de sementes de plantas cultivadas na Coleção de Plantas de Forrageiras do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Realizou-se adubação com $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O no plantio da cunhã. Em julho de 2021, as plantas foram submetidas a um corte de uniformização a 20 cm de altura do solo para cunhã e rente ao solo para o capim-elefante. A partir deste momento os cortes das plantas ocorreram numa frequência de corte de 60 dias e mesma intensidade adotados no corte de uniformização. O controle das plantas invasoras foi feito por meio de capinas manuais e o combate de formigas cortadeiras, por meio da aplicação de formicidas a base de fipronil, sulfluramida e deltametrina.

3.4 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS

Foram avaliadas um total de quatro colheitas com intervalos de 60 dias, sendo duas em 2021 e as outras duas, em 2022. As colheitas que ocorreram nos dias 09/09/2021, 09/11/2021 e 09/04/2022 foram consideradas como época seca e a colheita de 09/06/2022, época chuvosa, respectivamente. A definição de época seca e chuvosa foi com base no balanço hídrico do solo

(Figura 2B). Após cada corte no período chuvoso foi realizada adubação de manutenção, com 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples) e 60 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), seguindo recomendações de Cavalcanti, Lima Júnior e Lima (2008) e resultados de análise química do solo.

Os genótipos de capim-elefante de porte alto IRI-381 e Elefante B apresentaram alturas médias de 147; 93; 95, 112 e 140, 104, 93 e 102 cm, respectivamente, para os quatro ciclos de colheitas avaliadas. Enquanto os genótipos de porte baixo Taiwan A-146 2.37 e Mott apresentaram alturas médias de 96; 49; 53; 98 e 65; 62; 58 e 62 cm para os quatro ciclos de colheitas avaliadas, respectivamente.

As avaliações morfológicas foram realizadas a cada 60 dias, em três plantas por parcela. Foram avaliadas altura da planta (do nível do solo até o topo da planta), diâmetro do caule (mensurado na porção central do caule da planta a 2 cm do solo), largura de copa (em dois sentidos transversais da copa da planta), número de ramos primários, comprimento dos ramos primários (da inserção do ramo no caule até sua ponta, medido em três ramos representativos da planta), número de folhas por ramos (em dois ramos representativos da planta), número de flores por planta e por área, número de vagens por planta (contagem de todas as vagens presentes na planta), número de sementes por vagens (em três vagens representativas da planta) e o estande de plantas.

A altura da planta, a largura da copa e o comprimento dos ramos primários foram mensuradas utilizando-se uma trena. O diâmetro de caule foi avaliado usando um paquímetro. O número de ramos primários, número de folhas por ramo, número de flores, vagens e número de sementes por vagem foram avaliados por meio da contagem manual. O número de flores por área foi estimado a partir do produto do número de flores por planta e do estande de plantas, o qual foi determinado pela contagem da quantidade de plantas na área útil de cada parcela experimental.

A produção de forragem na cunhã foi estimada a partir do corte de três plantas da área útil da parcela, numa intensidade de corte de 20 cm. O material colhido foi pesado em balança digital eletrônica comercial para obtenção da massa fresca, imediatamente após o corte. Três plantas de cada subparcela foram utilizadas como subamostras, das quais foram separados os caules, folhas e vagens, pesadas em balança de precisão e levadas à estufa de circulação forçada de ar a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, por um período de 72h. Em seguida, as relações folha/caule e folha/vagem foram determinadas a partir da divisão do peso seco da fração folha pelo peso seco da fração caule, do peso seco da fração folha pelo peso seco da fração vagem, respectivamente. Foram calculadas a produção de forragem (folhas + caules + vagens), produção de folhas, produção

de caules e produção de vagens, em kg de MS ha⁻¹, considerando o peso fresco das plantas da área útil extrapolado para 1 ha, multiplicado pelo teor de MS de cada componente. Com base nestes dados foram também obtidas as proporções de folhas, caules e vagens na forragem produzida. A densidade de forragem foi calculada a partir da divisão da produção pela altura das plantas.

3.5 ABUNDÂNCIA, DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE VISITANTES FLORAIS

A avaliação foi realizada em três dias consecutivos no período seco e chuvoso, correspondendo aos meses de setembro de 2021 e junho de 2022. Um termo-higrômetro foi utilizado na área experimental para obtenção dos dados microclimáticos (temperatura média e umidade relativa do ar). As temperaturas médias e umidades médias do ar foram 30,3°±0,7°C e 59,8%±1,7%, 27 °C±0,2°C e 86%±0,9% para época seca e chuvosa, respectivamente.

As observações foram realizadas desde a abertura das flores (8h00) até o seu completo fechamento (16h00). A abundância, número de visitas e frequência dos visitantes florais foram obtidas por contagem nos primeiros dez minutos de cada horário. Essa contagem foi realizada percorrendo-se a área experimental entre as parcelas dos diferentes tratamentos, durante dez minutos, observando e anotando os insetos presentes nas flores e o seu comportamento (se estavam coletando néctar ou espalhando pólen), segundo a metodologia descrita por Malerbo-Souza e Halak (2011). A coleta de néctar foi caracterizada a partir do comportamento de introdução da probóscide na flor, enquanto os insetos que espalhavam pólen exibiam o comportamento de espalhamento de pólen sobre o corpo antes de alçarem voo.

Em seguida, foram calculados os índices: frequência, constância e dominância, conforme Silveira Neto *et al.* (1976) e Dajóz (1973). A frequência de visitas por espécie foi calculada pela fórmula $F = \frac{N}{T} \times 100$, em que N = total de indivíduos de cada espécie e T = total de indivíduos. A constância (C) foi obtida por meio da fórmula $C = \frac{(P \times 100)}{N}$, em que P é o número de observações contendo a espécie estudada e N é o número total de observações efetuadas (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976).

De acordo com a classificação de Dajóz (1973), as espécies foram agrupadas em categorias, conforme a sua constância, da seguinte forma: presentes em mais de 50% das coletas foi considerada espécie constante (X); presentes em 25 a 50% das coletas, considerada espécie acessória (Y); e presentes em menos de 25% das coletas, considerada espécie acidental (Z).

No cálculo da dominância foi utilizado o método de Sakagami e Laroça (1971), em que são considerados dominantes os táxons em que os valores de frequência que ultrapassam o limite calculado pela fórmula: $\text{Dominância} = \frac{1}{S} \times 100$, em que S = número total de táxons.

Por meio do software Past 4.03 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001) considerando a média de três dias de observação do número de indivíduos por espécie em cada parcela experimental foram calculados, o número de espécies, abundância absoluta, os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de Brillouin, o índice de dominância e o índice de equidade. A densidade de visitantes florais por m² foi obtida a partir da multiplicação da abundância absoluta por 1 m² dividido pela área útil da parcela experimental. O índice de Shannon-Weaver (H') é expresso pela fórmula $H' = -\sum p_i \times \ln(p_i)$, na qual p_i = a proporção de indivíduos encontrados na espécie i. p_i é estimado como $p_i = \frac{n_i}{N}$, em que n_i = número de indivíduos na espécie i e N = número total de indivíduos na comunidade. O índice de Brillouin (HB) é dado pela fórmula $HB = \frac{\ln(n!) - \sum \ln(n_i!)}{N}$, na qual N é n° o número total de indivíduos na amostra, n_i é o n° de indivíduos da espécie i e S é o número total de espécies e N é o número total de indivíduos. O índice de dominância (1-índice de Simpson) é dado pela fórmula $D = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$, em que n_i é o número de indivíduos da espécie i e N é o número total de indivíduos na amostra. O índice de equidade normaliza o índice de Shannon (H') para um valor entre 0 e 1. Este índice fornece uma ideia sobre a uniformidade da distribuição de grupos de organismos em uma comunidade. Um valor de índice igual a 1 significa que todos os grupos têm a mesma frequência. O Índice de equidade (E) é expresso como $E = \frac{H'}{\log(k)}$, em que H' = Índice de Diversidade de Shannon-Weaver e k = número de espécies/grupos na comunidade.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homoscedasticidade. As avaliações foram agrupadas em época seca (1^a, 2^a e 3^a avaliação) e época chuvosa (4^a avaliação). Os efeitos dos sistemas de cultivo, épocas do ano e suas interações foram considerados como fixos, enquanto os efeitos de bloco e erros experimentais foram considerados aleatórios. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Foi realizada análise de correlação de Pearson entre as características morfológicas e produtivas da cunhã com o índice de equidade, densidade e visitas por dia de visitantes florais. Todas as análises foram

realizadas por meio SAS® OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2014). O nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

4.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS

Foram observados efeitos significativos do sistema de cultivo e da época do ano nas características morfológicas, produtivas e estande da cunhã (Tabela 1). O diâmetro do caule, a proporção de folhas, caules e vagens, relação folha/caule e folha/vagem não foram influenciadas pelo sistema de cultivo.

Tabela 1. Características morfológicas, produtivas e estande da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em monocultivo e consorciada com capim-elefante de portes diferentes, aos 60 dias de rebrota em duas épocas do ano.

| Características | Sistemas de cultivo | | | EPM | Época | | EPM |
|-----------------------------------|---------------------|-------|-------|-----|---------|-------|-----|
| | C | C+A | C+B | | Chuvosa | Seca | |
| Altura da planta (cm) | 40,6a | 32,9b | 33,7b | 2,5 | 41,4a | 32,6b | 2,1 |
| Largura de copa (cm) | 43,4a | 23,6b | 23,8b | 3,4 | 35,8a | 24,9b | 2,9 |
| Diâmetro do caule (cm) | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,1 | 0,9a | 0,8b | 0,1 |
| Comprimento de ramos (cm) | 6,8a | 10,1b | 10,3b | 1,7 | 11,6 | 11,5 | 1,6 |
| Nº de ramos primários | 3,5a | 2,3b | 2,4b | 0,2 | 2,8 | 2,5 | 0,2 |
| Nº de folhas por ramo | 7,2a | 5,7b | 5,9ab | 0,7 | 7,4a | 5,7b | 0,6 |
| Nº de flores por planta | 2,4a | 1,2b | 1,0b | 0,6 | 1,4 | 1,3 | 0,5 |
| Nº de vagens por planta | 7,4a | 2,7b | 1,8b | 1,4 | 4,7a | 2,8b | 1,2 |
| Nº de sementes por vagem | 4,9a | 4,1ab | 2,8b | 0,8 | 5,2a | 3,3b | 0,7 |
| Proporção de folhas (%) | 46,9 | 43,5 | 42,3 | 2,5 | 41,8 | 44,3 | 2,0 |
| Proporção de caules (%) | 29,7 | 35,3 | 31,9 | 2,4 | 33,5 | 32,6 | 2,0 |
| Proporção de vagens (%) | 24,6 | 20,5 | 25,9 | 3,3 | 24,6 | 23,0 | 2,8 |
| Relação folha/caule | 1,7 | 1,3 | 1,4 | 0,1 | 1,3b | 1,5a | 0,1 |
| Relação folha/vagem | 2,8 | 2,2 | 1,9 | 0,6 | 2,0 | 2,3 | 0,4 |
| Estande (plantas m ²) | 8,0a | 2,0b | 2,0b | 0,3 | 3,0 | 3,0 | 0,2 |

Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

EPM: erro padrão da média.

C: Cunhã em monocultivo, C + A: Cunhã consorciada com os genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), C + B: Cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37).

As plantas do monocultivo apresentaram as maiores alturas, largura de copa, comprimento de ramos, número de ramos primários, número de flores por planta, número de vagens por planta e estande, comparada as plantas consorciadas com os genótipos de capim-elefante, independente do porte da planta. O número de folhas por ramo foi maior nas plantas em monocultivo quando comparada às plantas consorciadas com os genótipos de porte alto. O

número de sementes por vagem foi maior nas plantas em monocultivo, diferindo estatisticamente das plantas consorciadas com os genótipos de porte baixo (Tabela 1).

Com relação ao efeito da época do ano sobre as características morfológicas, produtivas e o estande, as plantas na época chuvosa apresentaram maior altura de planta, maior largura de copa, maior diâmetro de caule, maior número de folhas por ramo, maior número de vagens por planta e maior número de sementes por vagem, em relação à época seca. A relação folha/caule foi maior na época seca quando comparada à época chuvosa. As características comprimento de ramos primários, número de ramos primários, número de flores por planta, proporção de folhas, caules, vagens, relação folha/vagem e estande não apresentaram diferenças significativas em relação as épocas do ano (Tabela 1).

Houve efeito significativo da interação sistema de cultivo x época do ano para o número de flores por área, produção de forragem total, de folhas, caules, vagens e densidade de forragem (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da interação sistema de cultivo x época do ano sobre o número de flores por área e características produtivas da cunhã (*Clitoria ternatea* L.), aos 60 dias de rebrota.

| Época do ano | Sistemas de cultivo | | |
|--------------|--|-------|-------|
| | C | C+A | C+B |
| | Nº de flores por área (flores m ⁻²) EPM=5 | | |
| Chuvosa | 47aA | 1aB | 2aB |
| Seca | 16bA | 3aB | 2aB |
| | Produção de forragem (kg de MS ha ⁻¹) EPM=166 | | |
| Chuvosa | 2341aA | 158aB | 288aB |
| Seca | 669bA | 62aB | 89aB |
| | Produção de folhas (kg de MS ha ⁻¹ 60 dias ⁻¹) EPM=71 | | |
| Chuvosa | 996aA | 66aB | 118aB |
| Seca | 316bA | 28aB | 38aB |
| | Produção de caules (kg de MS ha ⁻¹ 60 dias ⁻¹) EPM=43 | | |
| Chuvosa | 836aA | 54aB | 91aB |
| Seca | 167bA | 19aB | 25aB |
| | Produção de vagens (kg de MS ha ⁻¹ 60 dias ⁻¹) EPM=61 | | |
| Chuvosa | 509 aA | 39aB | 78aB |
| Seca | 199 bA | 14aB | 26aB |
| | Densidade de forragem (kg de MS cm ⁻¹) EPM=4 | | |
| Chuvosa | 48aA | 4aB | 8aB |
| Seca | 17bA | 2aB | 3aB |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

EPM: erro padrão da média.

C: Cunhã em monocultivo, C + A: Cunhã consorciada com os genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), C + B: Cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37).

A cunhã em monocultivo apresentou maior número de flores por área, maior produção de forragem, de folhas, de caules, de vagens e maior densidade de forragem em relação às plantas consorciadas com os diferentes genótipos de capim-elefante de portes distintos, independente da época do ano (Tabela 2).

Em relação às épocas do ano, apenas a cunhã em monocultivo apresentou maior número de flores, maior produção de forragem, de folhas, de caules, de vagens e maior densidade de forragem por área na época chuvosa quando comparada à época seca. As plantas consorciadas com os diferentes genótipos de capim-elefante não apresentaram diferenças significativas entre as épocas do ano (Tabela 2).

4.2 DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DE VISITANTES FLORAIS

Insetos pertencentes às famílias Vespidae, Libellulidae e Coccinellidae visitaram as flores da cunhã nos diferentes sistemas de cultivo (monocultivo e consórcio), nas duas épocas do ano. Contudo, destacaram-se como visitantes florais dez espécies, sendo seis da família Apidae (*Apis mellifera*, *Euglossa* sp., *Exomalopsis* sp., *Melipona* sp., *Trigona spinipes* e *Xylocopa* spp.) e três da família Nymphalidae (*Danaus* sp., *Hermeuptychia* sp. e *Phoebis* sp.) e uma da família Hesperidae (*Lerema* sp.). A família Apidae foi a que apresentou maior densidade comparada às demais famílias, independente do sistema de cultivo e da época do ano (Figura 3).

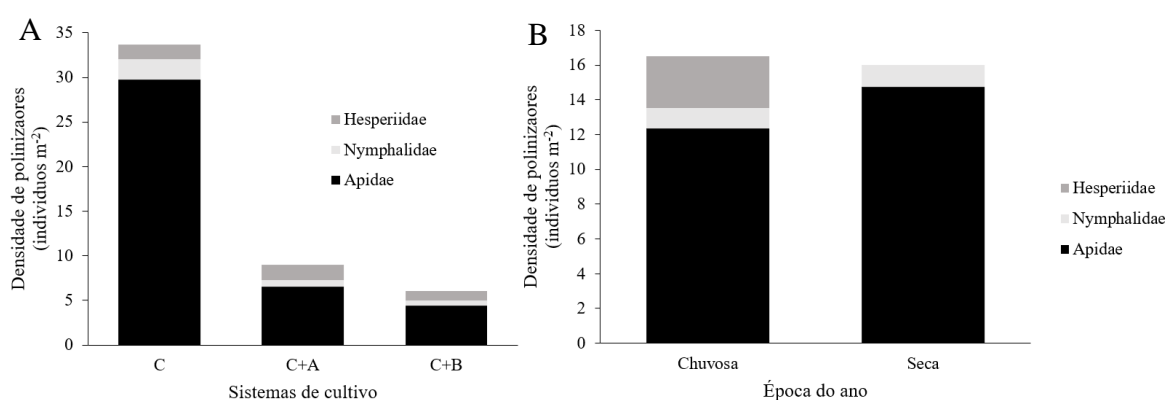


Figura 3. Densidade de visitantes florais (indivíduos m⁻²) por sistema de cultivo (A) e época do ano (B).

Foi observado efeito significativo do sistema de cultivo sobre os índices de diversidade dos visitantes florais (Tabela 3). Os índices número de espécies, abundância absoluta,

dominância e o índice de Shannon não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo.

Tabela 3. Índices de diversidade de visitantes florais na cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em monocultivo e consorciada com capim-elefante de portes diferentes, aos 60 dias de rebrota, em duas épocas do ano.

| Índices de diversidade | Sistemas de cultivo | | | EPM | Época | | EPM |
|---|---------------------|-------|--------|-----|---------|------|-----|
| | C | C+A | C+B | | Chuvosa | Seca | |
| Número de espécies | 5 | 5 | 4 | 0,7 | 5 | 5 | 0,6 |
| Abundância absoluta | 23 | 25 | 17 | 5,1 | 19 | 24 | 4,2 |
| Densidade (indivíduos m ⁻²) | 31a | 3b | 2b | 3,5 | 8 | 8 | 2,9 |
| Índice de Shannon | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,2 | 1,0 | 1,1 | 0,1 |
| Índice de Brillouin | 0,55ab | 0,78a | 0,51b | 0,1 | 0,60 | 0,65 | 0,1 |
| Dominância | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,1 |
| Equidade | 0,61b | 0,82a | 0,76ab | 0,1 | 0,77 | 0,74 | 0,1 |

Observou-se maior densidade de indivíduos no monocultivo de cunhã, comparado aos consórcios, independente do porte da planta. O índice de equidade foi maior na cunhã consorciada com os genótipos de porte alto em relação ao monocultivo de cunhã. Enquanto o índice de Brillouin também foi maior na cunhã em consórcio com os genótipos de porte alto, contudo, diferiu significativamente apenas da cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo. Não foram observados efeitos significativos da época do ano sobre os índices de diversidade na cunhã (Tabela 3).

Observou-se efeito significativo dos sistemas de cultivo sobre o número de visitas por dia na cunhã apenas para *T. spinipes* e *Euglossa* sp. (Tabela 4). A *T. spinipes* apresentou o maior número de visitas por dia no monocultivo de cunhã, comparado aos consórcios com capim-elefante. Já a espécie *Euglossa* sp. apresentou maior número de visitas por dia no consórcio da cunhã com os genótipos de porte alto em relação ao monocultivo e o consórcio com os genótipos de porte baixo.

Houve efeito significativo da época do ano sobre o número de visitas florais por dia na cunhã apenas para *Euglossa* sp., *Melipona* sp., *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp. e *Phoebis* sp. (Tabela 4). As espécies *Euglossa* sp. e *Melipona* sp. apresentaram maior quantidade de visitas na época chuvosa, comparada a época seca, enquanto as espécies *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp. e *Phoebis* sp. apresentaram maior número de visitas florais na época seca quando comparada à época chuvosa. Vale destacar que a *Melipona* sp. e *Lerema* sp. não se apresentaram como visitantes florais nas flores da cunhã na época seca.

Tabela 4. Número de visitas diárias de visitantes florais, frequência, dominância e constância por dia na cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em monocultivo ou consorciada com capim-elfante de diferentes portes.

| Espécies | Sistemas de cultivo | | | EPM | Época | | EPM |
|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------|--------------------|--------------------|------|
| | C | C+A | C+B | | Chuvosa | Seca | |
| Visitações por dia | | | | | | | |
| <i>Trigona spinipes</i> | 97,0a | 50,0b | 46,0b | 2,0 | 52,0 | 64,0 | 1,9 |
| <i>Euglossa</i> sp. | 8,0b | 27,0a | 11,0b | 0,9 | 26,0a | 8,0b | 0,7 |
| <i>Apis mellifera</i> | 13,0 | 19,0 | 7,0 | 1,2 | 1,0b | 24,0a | 1,0 |
| <i>Exomalopsis</i> sp. | 6,0 | 3,0 | 4,0 | 0,2 | 0,1b | 7,0a | 0,2 |
| <i>Xylocopa</i> spp. | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 0,2 | 1,0b | 5,0a | 0,2 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp. | 3,0 | 6,0 | 3,0 | 0,3 | 6,0 | 3,0 | 0,3 |
| <i>Danaus</i> sp. | 5,0 | 7,0 | 7,0 | 0,3 | 5,0 | 9,0 | 0,3 |
| <i>Phoebis</i> sp. | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,0b | 2,0a | 0,1 |
| <i>Melipona</i> sp. | 8,0 | 15,0 | 9,0 | 0,9 | 22,0a | 0,0b | 0,8 |
| <i>Lerema</i> sp. | 7,0 | 31,0 | 19,0 | 0,9 | 43,0 | 0,0 | 0,7 |
| Total | 152,0 | 162,0 | 109,0 | 3,4 | 156,0 | 121,0 | 2,8 |
| Frequência (%) | | | | | | | |
| <i>Trigona spinipes</i> | 61,6a ^D | 34,3b ^D | 53,1ab ^D | 9,3 | 37,1b ^D | 57,4a ^D | 8,0 |
| <i>Euglossa</i> sp. | 3,9 | 12,2 ^D | 7,7 | 2,9 | 12,0 ^D | 5,5 | 3,5 |
| <i>Apis mellifera</i> | 11,3 ^D | 10,6 ^D | 7,2 | 5,1 | 0,3b | 18,5a ^D | 4,2 |
| <i>Exomalopsis</i> sp. | 2,9 | 2,4 | 3,0 | 1,5 | 0,1b | 5,4a | 1,2 |
| <i>Xylocopa</i> spp. | 1,1 | 2,1 | 3,1 | 2,0 | 1,3 | 3,3 | 1,6 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp. | 1,6 | 6,1 | 1,9 | 2,9 | 5,0 | 2,0 | 2,4 |
| <i>Danaus</i> sp. | 4,6 | 5,5 | 4,6 | 2,9 | 3,2 | 6,7 | 2,4 |
| <i>Phoebis</i> sp. | 0,6 | 1,1 | 0,4 | 0,7 | 0,1 | 1,3 | 0,2 |
| <i>Melipona</i> sp. | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,03 | 0,1a | 0,0b | 0,02 |
| <i>Lerema</i> sp. | 5,4 | 19,2 ^D | 14,6 ^D | 4,2 | 29,2 ^D | 0,0 | 3,4 |
| Constância (%) | | | | | | | |
| <i>Trigona spinipes</i> | 62X | 49Y | 39Y | - | 41Y | 53X | - |
| <i>Euglossa</i> sp. | 12Z | 21Z | 11Z | - | 21Z | 9Z | - |
| <i>Apis mellifera</i> | 17Z | 12Z | 10Z | - | 2Z | 23Z | - |
| <i>Exomalopsis</i> sp. | 10Z | 5Z | 6Z | - | 1Z | 12Z | - |
| <i>Xylocopa</i> spp. | 5Z | 4Z | 6Z | - | 1Z | 9Z | - |
| <i>Hermeuptychia</i> sp. | 6Z | 8Z | 5Z | - | 8Z | 4Z | - |
| <i>Danaus</i> sp. | 10Z | 8Z | 11Z | - | 7Z | 12Z | - |
| <i>Phoebis</i> sp. | 3Z | 1Z | 2Z | - | 1Z | 3Z | - |
| <i>Melipona</i> sp. | 14Z | 14Z | 7Z | - | 22Z | 0Z | - |
| <i>Lerema</i> sp. | 13Z | 25Y | 19Z | - | 40Y | 0Z | - |

Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey (P>0,05).

EPM: erro padrão da média.

D = espécie dominante, pois a frequência foi maior que 10 [(1/N° de espécies)*100].

Classificação das espécies quanto à constância: Y- Acessória; X- Constante; Z- Acidentais.

C: Cunhã em monocultivo, C + A: Cunhã consorciada com os genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), C + B: Cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37).

Foi observado efeito significativo do sistema de cultivo sobre a frequência de visitantes florais na cunhã apenas para a espécie *T. spinipes* (Tabela 4). A *T. spinipes* apresentou maior frequência no monocultivo de cunhã em relação ao consórcio com os genótipos de capim-

elefante de porte alto, mas não diferiu da cunhã consorciada com genótipos de porte baixo. Para as demais espécies não foram observadas diferenças significativas. Além disso, houve efeito significativo da época do ano sobre a frequência de visitantes florais na cunhã para as espécies *T. spinipes*, *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp. e *Melipona* sp. As espécies *T. spinipes*, *A. mellifera* e *Exomalopsis* sp. apresentaram maior frequência na época seca, enquanto a espécie *Melipona* sp. mostrou-se como mais frequente na época chuvosa. As abelhas *Euglossa* sp. e *Xylocopa* spp. e as borboletas *Hermeuptychia* sp., *Danaus* sp. e *Phoebis* sp. não apresentaram diferenças significativas quanto as épocas de avaliação.

A *T. spinipes* destacou-se como dominante em todas as plantas de cunhã, independente do sistema de cultivo (Tabela 4), enquanto a *Lerema* sp. apresentou-se como dominante em todos os sistemas consorciados, independente do porte da planta de capim-elefante. A espécie *Euglossa* sp. foi considerada dominante nos consórcios com os genótipos de porte alto, enquanto a *A. mellifera* foi dominante no monocultivo de cunhã e no consórcio com os genótipos de porte alto. Os visitantes florais *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp., *Hermeuptychia* sp., *Danaus* sp., *Phoebis* sp. e *Melipona* sp. foram consideradas espécies não dominantes.

A *T. spinipes* foi considerada dominante nas duas épocas do ano; já as espécies *Euglossa* sp. e *Lerema* sp. destacaram-se como dominantes apenas na época chuvosa, ao contrário da *A. mellifera* que se classificou como dominante na época seca (Tabela 4).

A *T. spinipes* classificou-se como espécie constante no monocultivo e espécie acessória nos consórcios, independente do genótipo de capim-elefante (Tabela 4). A *Lerema* sp. apresentou-se como espécie acidental em quase todos os sistemas de cultivo, com exceção do consórcio com os genótipos de porte alto, a qual foi considerada espécie acessória. Os visitantes florais *Euglossa* sp., *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp., *Hermeuptychia* sp., *Danaus* sp., *Phoebis* sp. e *Melipona* sp. apresentaram-se como espécies acidentais nas plantas em todos os sistemas de cultivo.

A *T. spinipes* apresentou-se como espécie constante na época seca e espécie acessória na época chuvosa, enquanto a espécie *Lerema* sp. foi classificada como espécie acidental na época seca e espécie acessória na época chuvosa. Os demais visitantes florais classificaram-se como espécies acidentais nas duas épocas de avaliação (Tabela 4).

Houve efeito significativo da interação sistema de cultivo x época do ano sobre a frequência de visitas da espécie *Lerema* sp. nas flores da cunhã (Tabela 5). Essa espécie apresentou maior frequência de visitas na cunhã consorciada, independente do porte da planta, comparado ao monocultivo, na época chuvosa. Na época seca, essa espécie não visitou

as flores da cunhã em nenhum dos sistemas de cultivo. Apenas no monocultivo, a frequência de visitas desta espécie nas flores da cunhã não diferiu entre as épocas do ano.

Tabela 5. Efeito da interação sistema de cultivo x época do ano sobre o número de visitas por dia e da frequência de *Lerema* sp. na cunhã (*Clitoria ternatea* L.), aos 60 dias de rebrota.

| Época do ano | Sistemas de cultivo | | |
|--------------|-------------------------------|------|-------|
| | C | C+A | C+B |
| | Nº de visitas por dia EPM=1,3 | | |
| Chuvosa | 15aB | 61aA | 38aAB |
| Seca | 0aA | 0bA | 0bA |
| | Frequência (%) EPM=5,9 | | |
| Chuvosa | 11aB | 38aA | 29aA |
| Seca | 0aA | 0bA | 0bA |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

EPM: erro padrão da média.

C: Cunhã em monocultivo, C + A: Cunhã consorciada com os genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), C + B: Cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37).

Houve efeito significativo da interação sistema de cultivo x época do ano sobre o número de visitas por dia da espécie *Lerema* sp. nas flores da cunhã (Tabela 5). Essa espécie apresentou maior número de visitas na cunhã consorciada com genótipos de porte alto comparado ao monocultivo, na época chuvosa. Na época seca, essa espécie não visitou as flores da cunhã em nenhum dos sistemas de cultivo. Apenas no monocultivo, a quantidade de visitas desta espécie não diferiu entre as épocas do ano.

Houve efeito significativo dos sistemas de cultivo sobre o comportamento de forrageamento (coleta de néctar) de visitantes florais na cunhã apenas para *Melipona* sp. (Tabela 6). A *Melipona* sp. apresentou maior coleta de néctar no monocultivo de cunhã, comparado ao consórcio com os genótipos de porte baixo. Houve efeito significativo da época do ano sobre o comportamento de forrageamento (coleta de néctar e espalhamento de pólen) das espécies *A. mellifera* e *Exomalopsis* sp.. Estas espécies apresentaram maior coleta de néctar e pólen na época seca, comparada à época chuvosa.

Tabela 6. Efeito dos sistemas de cultivo e da época do ano no forrageamento de visitantes florais na cunhã (*Clitoria ternatea* L.).

| Espécies | Sistemas de cultivo | | | EPM | Época | | EPM |
|--------------------------|---------------------|------|-----|------|---------|------|------|
| | C | C+A | C+B | | Chuvosa | Seca | |
| | Néctar (%) | | | | | | |
| <i>Trigona spinipes</i> | 90 | 80 | 85 | 8,5 | 79 | 89 | 9,0 |
| <i>Euglossa</i> sp. | 10 | 11 | 13 | 8,2 | 16 | 7 | 6,8 |
| <i>Apis mellifera</i> | 28 | 27 | 18 | 10,7 | 9b | 39a | 8,8 |
| <i>Exomalopsis</i> sp. | 19 | 13 | 16 | 9,6 | 5b | 26a | 7,9 |
| <i>Xylocopa</i> spp. | 8 | 13 | 8 | 10,6 | 3 | 17 | 8,7 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp. | 63 | 38 | 29 | 18,1 | 43 | 35 | 14,8 |
| <i>Danaus</i> sp. | 63 | 44 | 48 | 14,5 | 44 | 55 | 11,9 |
| <i>Phoebis</i> sp. | 25 | 13 | 19 | 15,0 | 10 | 25 | 12,3 |
| <i>Melipona</i> sp. | 89a | 44ab | 27b | 19,7 | 53 | - | - |
| <i>Lerema</i> sp. | 100 | 91 | 80 | 12,8 | 90 | - | - |
| | Pólen (%) | | | | | | |
| <i>Trigona spinipes</i> | 10 | 14 | 9 | 3,0 | 11 | 11 | 2,5 |
| <i>Euglossa</i> sp. | 53 | 59 | 37 | 11,8 | 50 | 48 | 9,7 |
| <i>Apis mellifera</i> | 22 | 29 | 30 | 11,7 | 11b | 45a | 9,6 |
| <i>Exomalopsis</i> sp. | 19 | 18 | 21 | 10,9 | 5b | 34a | 8,9 |
| <i>Xylocopa</i> spp. | 17 | 13 | 23 | 14,4 | 7 | 28 | 11,8 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp. | 0 | 0 | 15 | 6,9 | 12 | 0 | 5,7 |
| <i>Danaus</i> sp. | 0 | 0 | 2 | 1,6 | 1 | 0 | 1,3 |
| <i>Phoebis</i> sp. | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - |
| <i>Melipona</i> sp. | 11 | 19 | 10 | 8,6 | 13 | - | - |
| <i>Lerema</i> sp. | 0 | 9 | 7 | 3,3 | 5 | - | - |

Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$).

EPM: erro padrão da média.

C: Cunhã em monocultivo, C + A: Cunhã consorciada com os genótipos de porte alto (Elefante B e IRI-381), C + B: Cunhã consorciada com os genótipos de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37).

*Não teve pólen.

Houve associações negativas do índice de equidade com as características produtivas, densidade de forragem, largura da copa, número de folhas por ramo, de flores por planta e por área, de vagens por planta, de sementes por vagem e com o estande de plantas. De forma contrária, as mesmas características, exceto número de sementes por vagem, e incluindo o comprimento de ramos primários, associaram-se positivamente com a densidade de visitantes florais (Tabela 7).

Em relação ao número de visitas diárias dos insetos, a relação folha/caule se associou positivamente com a quantidade de visitas de *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp. e negativamente com *Lerema* sp., proporção de folhas positivamente com *Phoebis* sp., proporção de caules positivamente com *Euglossa* sp., *Melipona* sp. e *Lerema* sp. e negativamente com *A. mellifera*, proporção de vagens positivamente com *Exomalopsis* sp. e negativamente com *Melipona* sp.. Ainda, a altura da planta apresentou correlação negativa com as visitas de *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp. e positiva com *Melipona* sp. e a largura da copa

apresentou correlação positiva com as visitas de *T. spinipes*. O comprimento dos ramos se associou positivamente às visitas *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp., *Xylocopa* spp. e *Phoebis* sp. e negativamente com *Lerema* sp.. O diâmetro de caule, número de flores por planta, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e estande apresentaram correlação positiva com as visitas de *T. spinipes*. As visitas de *A. mellifera* também se associaram positivamente com o número de vagens por planta (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características morfológicas e produtivas da cunhã e índices de diversidade e número de visitas diárias de visitantes florais.

| Características | Índices | | | | Visitações por dia | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|---------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|---------------|
| | E | D | Ts | Eu | Am | Ex | Xy | He | Da | Ph | Me | Le |
| Produção de forragem | -0,45* | 0,58* | 0,26 | -0,15 | 0,00 | -0,10 | -0,19 | -0,07 | -0,06 | -0,12 | 0,15 | -0,03 |
| Produção de folhas | -0,46* | 0,60* | 0,28 | -0,15 | 0,00 | -0,08 | -0,17 | -0,05 | -0,06 | -0,08 | 0,14 | -0,04 |
| Produção de caules | -0,47* | 0,59* | 0,29 | -0,12 | -0,12 | -0,14 | -0,19 | -0,03 | -0,05 | -0,11 | 0,21 | 0,03 |
| Produção de vagens | -0,40* | 0,54* | 0,19 | -0,17 | 0,17 | -0,01 | -0,16 | -0,10 | -0,04 | -0,10 | 0,05 | -0,09 |
| Relação folha/caule | 0,02 | 0,03 | 0,16 | -0,24 | 0,49* | 0,31* | 0,31* | 0,02 | 0,24 | 0,16 | -0,28 | -0,35* |
| Relação folha/vagem | 0,09 | -0,03 | 0,08 | 0,29 | -0,07 | -0,18 | -0,15 | 0,25 | -0,22 | -0,01 | 0,36 | 0,19 |
| Proporção de folhas | -0,07 | 0,21 | 0,23 | 0,03 | 0,27 | 0,23 | 0,21 | 0,16 | 0,02 | 0,36* | 0,03 | -0,11 |
| Proporção de caules | -0,03 | 0,10 | 0,02 | 0,32* | -0,42* | -0,29 | -0,26 | 0,11 | -0,23 | 0,06 | 0,37* | 0,33* |
| Proporção de vagens | -0,09 | 0,12 | -0,03 | -0,21 | 0,28 | 0,43* | 0,25 | -0,12 | 0,25 | 0,12 | -0,39* | -0,25 |
| Altura da planta | -0,15 | 0,25 | 0,12 | 0,10 | -0,41* | -0,37* | -0,36* | -0,04 | -0,25 | -0,24 | 0,37* | 0,29 |
| Densidade de forragem | -0,44* | 0,57* | 0,22 | -0,17 | 0,09 | -0,05 | -0,17 | -0,08 | -0,03 | -0,10 | 0,09 | -0,05 |
| Largura da copa | -0,50* | 0,52* | 0,39* | 0,03 | 0,09 | 0,01 | -0,08 | 0,03 | 0,00 | -0,08 | 0,27 | -0,01 |
| Comprimento de ramos primários | -0,18 | 0,39* | 0,26 | -0,06 | 0,40* | 0,39* | 0,32* | -0,13 | 0,11 | 0,33* | -0,24 | -0,45* |
| Diâmetro do caule | -0,14 | -0,06 | 0,33* | 0,00 | 0,01 | -0,18 | 0,10 | -0,08 | 0,14 | -0,16 | 0,19 | 0,17 |
| Nº de folhas por ramo | -0,40* | 0,34* | 0,26 | 0,00 | -0,06 | -0,05 | -0,13 | 0,17 | 0,02 | -0,23 | 0,32 | 0,07 |
| Nº de ramos primários | -0,09 | 0,29 | 0,15 | -0,18 | -0,09 | -0,24 | -0,19 | -0,17 | -0,24 | -0,11 | -0,06 | -0,10 |
| Nº de flores por planta | -0,34* | 0,42* | 0,44* | -0,05 | 0,16 | 0,07 | -0,03 | -0,18 | -0,10 | -0,09 | 0,05 | -0,11 |
| Nº de vagens por planta | -0,36* | 0,49* | 0,34* | -0,03 | 0,39* | 0,25 | 0,14 | -0,03 | 0,11 | -0,02 | 0,06 | -0,17 |
| Nº de sementes por vagem | -0,34* | 0,19 | 0,41* | 0,26 | 0,28 | 0,24 | 0,17 | 0,04 | 0,15 | 0,00 | 0,21 | -0,18 |
| Nº de flores por área | -0,42* | 0,47* | 0,30 | -0,14 | 0,02 | -0,03 | -0,11 | -0,08 | -0,14 | -0,06 | 0,09 | -0,12 |
| Estande | -0,44* | 0,71* | 0,39* | -0,12 | 0,24 | 0,20 | 0,03 | -0,04 | 0,03 | 0,21 | -0,03 | -0,27 |

Coeficientes de correlação com * e em negrito: significativo pelo teste de t ($p < 0,05$).

E= equidade, D= densidade, Ts= *Trigona spinipes*, Eu= *Euglossa* sp., Am= *Apis mellifera*, Ex= *Exomalopsis* sp., Xy= *Xylocopa* spp., He= *Hermeuptychia* sp., Da= *Danaus* sp., Ph= *Phoebis* sp., Me= *Melipona* sp. e Le= *Lerema* sp..

5. DISCUSSÃO

5.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS E PRODUTIVAS

A consorciação entre gramíneas e leguminosas apresenta-se como um grande desafio, pois os diferentes metabolismos fotossintéticos apresentados pelas plantas, além de suas diferenças na morfologia, eficiência do uso de água e nutrientes, podem levar a leguminosa a apresentar baixa persistência no consórcio formado (BODDEY *et al.*, 2020).

Deste modo, as características morfológicas e produtivas observadas no presente estudo estão associadas à capacidade das plantas de se desenvolverem e interceptarem energia luminosa que permita a sua produção e persistência no sistema de produção. Assim, as diferenças morfológicas da cunhã quando cultivada em monocultivo e consorciada com os diferentes genótipos de capim-elefante de porte distintos (Tabelas 1 e 2) refletem, em parte, a adaptação da espécie as condições luminosas em cada sistema de cultivo.

As maiores altura de planta, largura de copa, comprimento de ramos, número de ramos primários, número de flores por planta, número de vagens por planta e o maior estande, bem como o maior número de flores por área, a maior produção de forragem total, de folhas, de caules, de vagens e a maior densidade de forragem é um indicativo que a espécie se desenvolve melhor em monocultivo, justamente por não ter que competir por água, nutrientes e radiação solar. No consórcio há competições intraespecíficas e interespecíficas, afetando diretamente a leguminosa (planta C₃) que apresenta eficiência de uso de água, CO₂ e nutrientes diferente da gramínea (planta C₄) (YAMORI; HIKOSAKA; WAY, 2013).

A maior largura de copa, comprimento de ramos e número de ramos primários da cunhã no monocultivo pode ser um indicativo de maior expansão lateral dos ramos e desenvolvimento dessa espécie em busca de energia luminosa, sem a competição com o capim-elefante. A largura da copa é uma importante característica morfológica indicadora da capacidade de uma planta em competir por recursos (LEITES; ZUBIZARRETTA-GERENDIAIN; ROBINSON, 2013), especialmente luz (CALADO *et al.*, 2016). A largura da copa interfere diretamente no processo de interceptação de luz e, conseqüentemente, no crescimento e produção da espécie.

O maior número de flores e vagens por planta e de sementes por vagem apresentados pelas plantas do monocultivo pode estar relacionado ao início mais precoce do estágio reprodutivo dessas plantas, comparado às plantas do consórcio, visto que o crescimento não foi limitado pelo consórcio. Vale ressaltar que essa maior precocidade no monocultivo pode exigir ajustes na frequência de corte para garantir melhor valor nutritivo, haja vista que o estágio reprodutivo leva a um menor valor nutritivo da forragem produzida (ABREU *et al.*, 2014).

O maior estande de plantas apresentado pelo monocultivo pode estar associado a menor competição por água, luz e nutrientes, havendo apenas competição intraespecífica. Além disso, as plantas do monocultivo apresentaram maior número de vagens por planta e de sementes por vagem, fato esse que pode ter contribuído para esse maior estande, visto que ao atingir a maturidade fisiológica, ocorre a deiscência das vagens, ou seja, elas se abrem liberando sementes (COOK *et al.*, 2020). Essa maior liberação de sementes pode ter contribuído para surgimento de novas plantas, levando ao maior estande de plantas neste sistema de cultivo.

A capacidade de produção e qualidade da forragem produzida pela planta depende em parte de suas características morfológicas. O número de folhas presentes em uma planta está associado ao potencial dessas plantas em acumular biomassa, característica importante para recomendações de utilização das espécies (SILVA *et al.*, 2010b). Além disso, o maior número de folhas por ramo pode estar relacionado ao maior número de pontos de crescimento ao longo da planta após o corte. Os ramos laterais possuem maior número de gemas ativas responsáveis pelo processo de rebrota (MARTUSCELLO *et al.* 2015; SILVA *et al.*, 2010b), promovendo maior crescimento e, conseqüentemente, maior número de folhas.

O maior número de folhas nos ramos e a forma que elas estão dispostas na copa melhora a captação da energia luminosa, influenciando diretamente no processo fotossintético promovendo maior crescimento e desenvolvimento da forragem (CALADO *et al.*, 2016). Assim, o menor número de folhas por ramo apresentado pela cunhã consorciada com os genótipos de porte alto em relação ao monocultivo (Tabela 1), indica o efeito do porte da gramínea no consórcio, uma vez que o porte do capim pode ter ocasionado sombreamento na leguminosa, prejudicando a captação de luz e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados, levando ao menor crescimento da planta. Como não houve diferença estatística no número de folhas por ramo entre o monocultivo e o consórcio com os genótipos de porte baixo, aos quais é possível que cunhã tenha apresentado maior competitividade, uma vez que o hábito de crescimento da espécie é bastante volúvel. Deste modo, a cunhã pode ser ainda mais competitiva em consórcios com genótipos de porte baixo (SILVA, 2021; SOUZA *et al.*, 2017).

Silva (2021) observou proporções de cunhã na forragem colhida variando de 21 a 33%, indicando boa persistência da leguminosa no consórcio. Ainda de acordo com o autor, a cunhã apresentou a maior proporção no consórcio com o genótipo de porte baixo Taiwan A-146 2.37, devido a esse genótipo não formar touceiras tão densas e apresentar colmos mais finos.

A maior produção de folhas da cunhã em monocultivo em relação aos consórcios pode ser um indicativo de melhor qualidade da forragem (Tabela 2), pois as plantas forrageiras que produzem maior quantidade de folhas tendem a apresentar uma melhor qualidade da forragem,

em virtude de as folhas possuir uma menor concentração de fibra e maior concentração de nutrientes (MUIR *et al.*, 2019; DINIZ *et al.*, 2021). Assim, é importante essa maior proporção de folhas em relação aos ramos (MEDEIROS *et al.*, 2020) quando se trata de plantas forrageiras (MEDEIROS *et al.*, 2022).

A maior produção de caules e vagens obtidas pela cunhã em monocultivo, comparada aos consórcios, pode estar relacionada ao início do estágio reprodutivo dessas plantas, visto que a maior idade fisiológica leva a uma maior produção de vagens e, conseqüentemente, a um menor valor nutritivo da forragem produzida. Assim, a baixa produção de caules, vagens e de flores por área (Tabela 2) e por planta (Tabela 1), pode indicar que as plantas em consórcio se encontravam em um estágio mais vegetativo no momento do corte.

A época do ano causou influência sobre as características morfológicas e produtivas da cunhã nos diferentes sistemas de cultivo. A maioria das características apresentaram maiores médias na época chuvosa (Tabela 1), o que provavelmente pode estar associado à maior disponibilidade de água no solo (Figura 2B) e nutrientes, visto que no período chuvoso foi realizado adubação de manutenção com P e K. Segundo Queiroz *et al.* (2021) essa redução da biomassa das plantas em condições de baixa disponibilidade de água ocorre devido ao menor potencial hídrico foliar, transpiração e taxa fotossintética, além de alterações na partição assimilada entre as partes da planta.

Em condições de estresse hídrico severo, os processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos são prejudicados (ORTIZ *et al.*, 2015); com isso, as plantas têm seu crescimento celular reduzido ou paralisado, em virtude da baixa absorção de nutrientes e elevada evapotranspiração (LEMAIRE; HODGSON; CHABBI, 2011). Para reverter essas condições impostas pelo meio, as plantas diminuem a utilização de seus recursos e seu crescimento é ajustado (BIELACH; HRTYAN; TOGNETTI, 2017), a fim de sobreviverem, o que provavelmente aconteceu durante a época seca, caracterizado pelo balanço hídrico negativo do solo (Figura 2B), apesar dos acúmulos de chuvas de 146,6; 34,7 e 301,9 mm durante os 60 dias nas três colheitas realizadas na época seca. Assim, o menor crescimento da cunhã na época seca, independente do sistema de cultivo, pode ser uma resposta adaptativa de sobrevivência à restrição hídrica, elevada evapotranspiração e balanço hídrico negativo.

O maior diâmetro de caule apresentado pela cunhã na época chuvosa pode estar associado à maior disponibilidade de água e nutrientes durante esse período. O diâmetro do caule é uma importante característica de rendimento de biomassa das plantas, pois quanto maior for o diâmetro, maior será o rendimento (CALADO *et al.*, 2016), afetando diretamente o transporte de água e nutrientes na planta (CUNHA *et al.*, 2021). Tal fato pode interferir na adaptação e

capacidade de rebrota da planta as condições de disponibilidade hídrica do solo, em função da maior possibilidade de armazenamento de água e reservas orgânicas no caule (DINIZ *et al.*, 2021). O resultado obtido no presente estudo ressalva mais uma vez a capacidade adaptativa da cunhã em sobreviver em diferentes condições de disponibilidade hídrica do solo, uma vez que o estande se manteve entre as épocas do ano (Tabela 1).

Uma importante característica produtiva é a relação folha/caule, pois a quantidade de folhas está diretamente associada ao potencial de acúmulo de biomassa da planta (SILVA *et al.*, 2010b). A maior relação folha/caule obtida durante a época seca é resultado do menor crescimento dessas plantas durante esse período (Tabela 1), uma vez que não houve condições favoráveis para que essas plantas se desenvolvessem, levando a um atraso na maturação da planta (BUXTON, 1996). Assim, não houve alongamento do caule e proporcionalmente a quantidade de folhas foi maior, fato esse justificado pelo valor acima de 1, indicando maior proporção de folhas do que caules na biomassa, podendo ser um indicativo de maior qualidade da forragem, pois as folhas tendem a possuir maiores teores de nutrientes, comparado aos caules, afetando diretamente o valor nutritivo da espécie forrageira (DINIZ *et al.*, 2021). A relação folha/caule da leguminosa pode afetar o consumo de forragem pelos animais, pois eles preferem se alimentar de tecidos mais jovens e de maior valor nutritivo, como as folhas (TEIXEIRA *et al.*, 2010).

5.2 DIVERSIDADE E COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DE VISITANTES FLORAIS

A manutenção dos insetos polinizadores é de extrema importância para a produção vegetal (POTTS *et al.*, 2010), uma vez que a biodiversidade é um dos meios mais importantes para a manutenção e promoção da polinização. A ocorrência de uma grande variedade de visitantes florais na cunhã (Figura 3) indica a contribuição da espécie para o ecossistema.

A maior densidade de indivíduos da família Apidae, independente do sistema de cultivo (Figura 3A) e época do ano (Figura 3B), indica a importância dessa família para os sistemas agrícolas, mediante manutenção da biodiversidade e promoção de segurança alimentar (ENGEL, 2011; MICHENER, 2007). Santos *et al.* (2020) ressaltam que o conhecimento da diversidade de espécies de abelhas, bem como o seu papel de polinização em distintos ambientes possibilitará o estabelecimento de estratégias de gestão e conservação, uma vez que a família Apidae desempenha um papel indispensável como polinizadores em um amplo conjunto de comunidades de angiospermas (SANTOS *et al.*, 2020).

A maior densidade de indivíduos no monocultivo de cunhã em relação aos consórcios (Tabela 3) pode estar associada ao maior estande (Tabela 1) e ao maior número de flores por área (Tabela 2), contribuindo para maior número de recursos florais para esses polinizadores.

As correlações positivas encontradas entre a densidade de indivíduos e as características produtivas e algumas morfológicas podem estar associadas à influência do sistema de cultivo sobre essas variáveis (Tabela 7), uma vez que, no monocultivo, as plantas de cunhã apresentaram maior desenvolvimento comparado aos sistemas consorciados (Tabela 1 e 2). A correlação positiva entre a produção de vagens e o número de vagens por planta com a densidade de indivíduos (Tabela 7) demonstra a importância dos visitantes florais para a espécie forrageira, uma vez que apesar da cunhã ser uma espécie autopolinizada, é provável que haja maior produção de vagens e maior número de vagens por planta quando suas flores são visitadas por visitantes florais.

O maior índice de equidade e de Brillouin observados nos consórcios de cunhã com os genótipos de porte alto (Tabela 3) possivelmente estar relacionado à disposição das flores de cunhã nesse consórcio, o que contribuiu para esse maior equilíbrio de polinizadores nesse consórcio, apesar do menor número de flores (Tabela 2). O consórcio da cunhã com genótipos de porte alto forma estratos diferentes na vegetação, com o capim-elefante no estrato mais alto e a cunhã no estrato mais baixo, o que contribui para um ambiente favorável para um equilíbrio de espécies de polinizadores.

O efeito do sistema de cultivo sobre o número e frequência de visitas por dia da *T. spinipes* no monocultivo de cunhã (Tabela 4) pode estar associado a maior presença de flores por planta (Tabela 1 e 7) e por área (Tabela 2) na cunhã. O maior número de visitas da espécie *Euglossa* sp. no consórcio com os genótipos de porte alto pode estar relacionado a menor altura e presença de flores por planta e por área (Tabela 1 e 2), bem como pela distribuição dessas flores, uma vez que as plantas consorciadas apresentavam menor largura de copa e comprimento de ramos (Tabela 1). Assim, o porte do capim no consórcio pode ter exercido influência sobre os insetos no momento da visita.

O efeito da época do ano sobre o número e frequência de visitas florais na maioria das espécies (Tabela 4) pode estar associado à temperatura e umidade do ar nas diferentes épocas (Figura 2A), uma vez que na época seca durante o mês de avaliação, os valores de temperatura média e umidade relativa do ar foram de 30 °C e 60%, enquanto na época chuvosa, foram de 27 °C e 86%, respectivamente. A menor frequência de visita da *Melipona* sp. (Tabela 4), bem como a quantidade e frequência de visitas da borboleta *Lerema* sp. na época seca (Tabela 4 e 5) pode estar relacionada ao maior número de áreas próximas à área experimental.

Essas áreas adjacentes tinham a presença de leguminosas, contribuindo para uma maior disponibilidade de recursos florais. Além disso, vale ressaltar que durante a avaliação na época seca, foi realizado o corte das áreas com cana-de-açúcar próxima a área experimental, fazendo com que os caules excedentes da cana-de-açúcar se tornassem uma fonte de alimento para os insetos durante essa época.

A associação positiva entre a relação folha/caule e o número de visitas diárias das espécies *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp. e *Xylocopa* spp. (Tabela 7) pode estar associada ao maior número de visitas dessas espécies durante a época seca (Tabela 4), período este que as plantas também apresentaram a maior relação folha/caule (Tabela 1).

De acordo com Hofstede e Sommeijer (2006), as abelhas conseguem ajustar sua coleta de recursos florais em resposta às condições climáticas. Já Alves, Cassino e Prezoto (2015) relataram que a *A. mellifera* apresentou maior atividade forrageadora quando a umidade relativa do ar foi baixa, em torno de 44%. Assim, a umidade relativa do ar mais baixa na época seca pode ter contribuído para o maior número de visitas florais das espécies *A. mellifera*, *Exomalopsis* sp. e *Xylocopa* spp.

A dominância apresentada pela abelha *T. spinipes*, independente do sistema de cultivo e da época do ano (Tabela 4), está diretamente associado as maiores frequências e número de visitas por dia dessa espécie, comprovando a importância da mesma como um potencial agente polinizador (BARBOZA; COSTA, 2021). Além disso, a *T. spinipes* apresenta características que contribuem para a sua maior abundância em vários habitats. A agressividade de suas operárias, as grandes populações de colônias e o hábito generalista em competir com outras espécies pela fonte de alimento contribui para a diminuição da abundância e riqueza de outras espécies de abelhas (DÖHLER; PINA, 2017). Tal fato também demonstra a importância do consórcio com capim-elefante de porte alto para favorecer maior equidade (Tabela 3).

Resultados diferentes aos observados no presente estudo foi relatado por Diniz (2020), que observou maior frequência e dominância em duas épocas do ano (chuvosa e seca) em quatro genótipos de *Stylosanthes* da abelha *Exomalopsis auropilosa*. Ainda segundo a autora, a *T. spinipes* apresentou a menor frequência entre as espécies observadas, independente dos genótipos e época do ano. É provável que a morfologia da flor da cunhã favoreça a visita da *T. spinipes*.

Para realizar a coleta de néctar, o visitante floral pousava nas alas da flor e em seguida introduzia a cabeça na porção tubulosa da flor, enquanto para a realização da coleta de pólen, o visitante floral pousava também nas alas da flor com a cabeça voltada para o vexilo, e forçava-as para baixo conseguindo assim expor o pólen e o estigma. Nesta posição, o visitante floral

coletava o pólen e o depositava na corbícula, além de espalhar o pólen pelo corpo antes de alçarem voo, resultando em polinização legítima. Em geral, as espécies visitavam várias flores da cunhã dentro da mesma parcela experimental, podendo até mudar de um tratamento experimental para outro antes de voarem para fora da capineira. Esse comportamento pode ter contribuído para maior transferência de material genético entre as plantas, caracterizando esses insetos como polinizadores (OLIVEIRA; RECH, 2018).

A grande maioria dos visitantes florais apresentavam comportamento legítimo de visita às flores, pois pousavam na ala, projetando a cabeça para a parte interna da flor, com a finalidade de acessar o néctar presente na base da corola. Em contrapartida, alguns visitantes florais, em especial a abelha *T. spinipes*, realizam comportamento ilegítimo de coleta de néctar, pois esses visitantes acessavam o recurso por outra via e, conseqüentemente, não entravam em contato com os órgãos reprodutivos da flor. A coleta de néctar nessa situação acontecia quando os insetos perfuravam a base da flor (cálice e/ou corola) por fora para “roubar” néctar. Esses visitantes são caracterizados como visitantes ilegítimos, e, em muitas vezes, são chamados de trapaceiros, oportunistas e pilhadores (AMARAL NETO, 2015; GENINI *et al.*, 2010; GOULSON *et al.*, 2007; INOUE, 1983). Alves-dos-Santos *et al.* (2016) relatam que esse comportamento de visita ilegítima com a finalidade de rasgar a base da flor para coletar néctar é comum de abelhas com mandíbulas fortes, a exemplo das espécies *Xylocopa* e *Trigona*. Além disso, segundo os autores, isso possibilita que outras espécies de abelhas menores utilizem o mesmo furo e roubem os recursos também.

A quantidade e a qualidade da recompensa floral influenciam no comportamento de forrageamento do polinizador. A diferença apresentada pelas espécies na coleta de pólen e néctar nos diferentes sistemas de cultivo e época do ano (Tabela 6) pode estar relacionada com a maior quantidade de flores e de recursos florais nos sistemas. Deste modo, a cunhã representa importante fonte de alimento para os insetos polinizadores.

O maior número de visitas em busca de néctar na cunhã em monocultivo, comparado ao consórcio com os genótipos de porte baixo, pode ser resultante da maior quantidade de flores (Tabela 1 e 2) presente no monocultivo e da maior competição da cunhã com o capim-elefante no mesmo estrato de altura. O néctar é a principal fonte de energia (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010) para os polinizadores. Além disso, Leonard e Papaj (2011) relatam que as flores de determinadas espécies possuem linhas e marcas, que funcionam como guias de néctar, para induzir o visitante floral a realizar uma visita legítima. Contudo, não foram encontrados relatos na literatura que comprovem a existência desses guias de néctar nas flores da cunhã.

De acordo com Aluri e Kunuku (2021), a cunhã é polinizada principalmente por abelhas e complementada por borboletas. Em seu estudo realizado na Índia, os autores observaram que a cunhã foi visitada por abelhas (*Apis dorsata*, *Anthophora* sp. e *Xylocopa latipes*) e por borboletas (*Papilionid*, *Papilio demoleus* e *Danaus chrysippus*).

A concentração de néctar nas flores define a frequência de visitas florais, enquanto o volume define a quantidade de polinizadores que o visitarão e o coletarão (WRIGHT *et al.*, 2013). Assim, o menor número de visitas para coletar néctar e pólen das abelhas *A. mellifera* e *Exomalopsis* sp. durante a época chuvosa (Tabela 6) pode estar associada a maior temperatura e umidade relativa do ar (Figura 2A), uma vez que esse período se caracterizou pela maior disponibilidade de recursos florais (Tabela 1 e 2). Logo, a disponibilidade de recursos florais não foi um entrave para esse menor número. Diniz (2020) relata que os polinizadores realizaram maior número de visitas para coletar pólen em genótipos de estilosantes.

As correlações positivas e negativas encontradas comprovam a associação dos índices de equidade e diversidade com as características produtivas e algumas morfológicas (Tabela 7), bem como as associações dos números de visitas por dia estarem diretamente relacionado com as características morfológicas das plantas nos sistemas de cultivo, mesmo que essas correlações tenham apresentadas magnitudes fracas a moderadas.

Os resultados obtidos no presente estudo comprovam o efeito que o sistema de cultivo e a época do ano podem causar na morfologia, produção e na diversidade e comportamento de forrageamento de visitantes florais na cunhã. Apesar do consórcio diminuir o crescimento e a produção da cunhã, independente do porte da planta de capim-elefante, ele permite maior equidade de visitante florais quando a cunhã é consorciada com genótipos de capim-elefante de porte alto, além de manter a diversidade de polinizadores, comparado ao monocultivo. É importante considerar que a produção de forragem do sistema inclui ainda a produção do capim-elefante e que o valor nutritivo da forragem produzida na capineira também deve ser melhorado pela presença da leguminosa.

Os resultados deste trabalho apontam também para a necessidade de planejar sistemas agrícolas que favoreçam este importante serviço de suporte, que é a polinização. Mais estudos devem ser desenvolvidos com outras espécies de leguminosas e gramíneas em sistemas integrados.

6. CONCLUSÕES

O sistema de cultivo e a época do ano têm influência na morfologia e produtividade da cunhã. O monocultivo de cunhã e a época chuvosa favorecem plantas com maiores altura, largura de copa, comprimento de ramos, número de ramos primários, maior quantidade de flores e vagens por plantas, e com maior produtividade, quando comparado ao consórcio com genótipos de capim-elefante, independente do porte da planta.

As flores da cunhã são visitadas principalmente por abelhas e borboletas. A abelha *T. spinipes* destaca-se por apresentar maior dominância nas flores da cunhã em todos os sistemas de cultivo e época do ano.

O monocultivo de cunhã apresenta maior densidade de visitantes florais. Contudo, o consórcio com os genótipos de porte alto promove maior equilíbrio de visitantes florais, mantendo a diversidade destes insetos.

A ocorrência de uma grande variedade de visitantes florais na cunhã mostra a importância da inclusão desta leguminosa no monocultivo de capim-elefante para manutenção da diversidade e maior equidade de visitantes florais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. C. *et al.* *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 2, p. 169-178, 2014.
- ALDERETE-CHAVEZ, A. *et al.* Evaluation of *Clitoria ternatea* L. in relation with fertility in tropical soils. **Journal of Applied Sciences**, v.11, n. 6, p. 1044–1048, 2011.
- AL-FREDAN, M. A. A. Nitrogen fixing legumes in the plant communities. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 7, n. 2, p.166-172, 2011.
- ALI, Z. *et al.* Evaluation, Productivity and Competition of *Brachiaria decumbens*, *Centrosema pubescens* and *Clitoria ternatea* as Sole and Mixed Cropping Pattern in Peatland. **Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 19, n. 2, p. 81-90, 2014.
- ALI, Z. *et al.* Intra-specific genetic diversity and chemical profiling of different accessions of *Clitoria ternatea* L. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 768-773, 2013.
- AL-KAHTANI, S. N.; TAHA, E. A.; AL-ABDULSALAM, M. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield in relation to phosphorus fertilization and honeybee pollination. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 5, p. 1051-1055, 2017.
- ALURI, J. S. R; KUNUKU, V. R. A study on pollination ecology of butterfly pea, *Clitoria ternatea* L. (Fabaceae). **Species**, v. 22, n. 69, p. 29-35, 2021

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ, R. D. C. F. *et al.* Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ALVES, L. H. S.; CASSINO, P. C. R.; PREZOTO, F. Effects of abiotic factors on the foraging activity of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 in inflorescences of *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae). **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 37, n. 4, p. 405-409, 2015.

ALVES-DOS-SANTOS, I. *et al.* Quando um visitante floral é um polinizadro?. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p.295-307, 2016.

AMARAL NETO, L. P. **Como interações proibidas, presença de pilhadores e dinâmica sazonal da comunidade afetam as redes de abelhas e plantas?** 2015. 114p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Curitiba-PR.

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 v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animals**, v. 10, p. 1684-1688, 2016.

APAC, AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Histórico de Chuvas**. Disponível em: < <https://www.apac.pe.gov.br> > Acesso em: 21 jul. 2022.

ARAÚJO, S. A. C. *et al.* Produção de matéria seca e composição bromatológica de genótipos de capim-elefante anão. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 229, p. 83-91, 2011.

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 Tropicais**, v. 18, n. 1, p.47-50, 1996.

ARAÚJO FILHO, J. A. *et al.* Efeito da altura e intervalo de corte na produção de forragem da cunhã (*Clitoria ternatea* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 979-982, 1994.

AVALOS, J. F. V. *et al.* Agrotecnia e utilización de *C. ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. **Revista Técnica Pecuária**, v. 1, n. 42, p.79-96, 2004.

AZEVEDO JUNIOR, R. L. *et al.* Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2043-2050, 2012.

AZEVEDO, A. R.; MORROS, J. F. G.; ALVES, A. A. Estudo das matérias nitrogenadas do feno da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em quatro períodos de corte. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 19, n. 2, p. 1-12, 1988.

- BARBOZA, V. P.; COSTA, M. A. Cytogenetic analysis in *Trigona spinipes* Fabricius (Hymenoptera, Meliponina) reveals intraspecific variation. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 5, p. 846-849, 2021.
- BARRO, C.; RIBEIRO, A. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p. 780-782, 1983.
- BARROS, N. N. *et al.* Estudo comparativo da digestibilidade de leguminosa forrageira com ovinos e caprinos: I. Digestibilidade in vivo de feno de cunhã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 8, p.1209-1213, 1991.
- BARROS, N. N.; ROSSETTI, A. G.; CARVALHO, R. B. Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 499-504, 2004.
- BERNABUCCI, U. Climate change: impact on livestock and how can we adapt. **Animal Frontiers**, v. 9, p. 3–5, 2019.
- BHATTA, R. *et al.* Effect of medicinal and aromatic plants on rumen fermentation, protozoa population and methanogenesis in vitro. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 3, p. 446-456, 2013.
- BIELACH, A.; HRTYAN, M.; TOGNETTI, V. B. Plants under stress: Involvement of auxin and cytokinin. **International Journal of Molecular Sciences**, v.18, n. 7, p. 1427, 2017.
- BOBBINK, R. *et al.* Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. **Ecological Applications**, v. 20, n. 1, p. 30–59, 2010.
- 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.
- BOND, D. A.; POULSEN, M. H. Pollination. **The Faba Bean**, p. 77-101, 1983.
- BROWN, J.; BARTON, P. S.; CUNNINGHAM, S. A. Flower visitation and land cover associations of above ground- and below ground-nesting native bees in an agricultural region of south-east Australia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 295, p. 106895, 2020.
- BUXTON, D. R. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 37-49, 1996.
- CALADO, T. B. *et al.* Morphology and productivity of “Jureminha” genotypes (*Desmanthus spp.*) under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p.742–752, 2016.
- CALONEGO, J. C. *et al.* Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, 2012.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

- CAMARGO, J. M.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In MOURE, J.S.; URBANO, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). **Catálogo de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Região Neotropical** - versão online, 2013. Disponível em: <<http://moure.cria.org.br/catalogue>> Acesso em: 29 jul. 2022.
- CARADUS, J. R. *et al.* The hunt for the “holy grail”: Condensed tannins in the perennial forage legume white clover (*Trifolium repens* L.). **Grass and Forage Science**, v. 77, n. 2, p. 111-123, 2022.
- CARDOSO, A. S. *et al.* Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86–96, 2016.
- CASSMAN, K. G.; GRASSINI, P. A global perspective on sustainable intensification research. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 262–268, 2020.
- CAVALCANTI, F. J. A.; LIMA JÚNIOR, M. A.; LIMA, J. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**: segunda aproximação, segunda edição revisada, Recife: IPA, 2008.
- CHAVES, C. S. *et al.* Forage production of elephant grass under intermittent stocking. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 234-240, 2013.
- CHAVES, C. S. *et al.* Valor nutritivo e cinética de degradação in vitro de genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sob dois intervalos de desfolhação e duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, p. 1351-1359, 2016.
- CHEMISQUY, M. A. *et al.* Phylogenetic studies favour the unification of *Pennisetum*, *Cenchrus* and *Odontelytrum* (Poaceae): a combined nuclear, plastid and morphological analysis, and nomenclatural combinations in *Cenchrus*. **Annals of Botany**, v. 106, n. 1, p. 107- 130, 2010.
- CHEN, L. H. *et al.* Application of butterfly pea flower extract in mask development. **Scientia Pharmaceutica**, v. 86, n. 53, p. 1-9, 2018.
- CHRISTMANN, S. *et al.* Farming with alternative pollinators benefits pollinators, natural enemies, and yields, and offers transformative change to agriculture. **Scientific Reports**, v. 11, n.1, p. 1–11, 2021.
- COOK, B. G. *et al.* Tropical Forages: An interactive selection tool. Second and Revised ed. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia and International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya, 2020. Disponível em: <https://www.tropicalforages.info/text/entities/clitoria_ternatea.htm?zoom_highlight=clitoria> Acesso em: 20 jun. 2022.
- COSTA, E. R. *et al.* Adding corn meal into mixed elephant grass–butterfly pea legume silages improves nutritive value and dry matter recovery. **The Journal of Agricultural Science**, v. 160, n. 3-4, p. 185-193, 2022.

- COSTA, N. R. *et al.* Recovery of 15N fertilizer in intercropped maize, grass and legume and residual effect in black oat under tropical conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 310, e107226, 2021.
- COSTANZA, R. *et al.* Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017.
- 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.* Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem por meio de diferentes metodologias na seleção de clones de Pennisetum spp. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 681-686, 2013.
- CUNHA, M. V. *et al.* Repeatability and divergence among genotypes of *Desmanthus* sp. in a semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01937, 2021.
- DA SILVA, F. S. *et al.* Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1891–1902, 2020.
- DAJÓZ, R. **Ecologia Geral**. segunda edição, São Paulo: Vozes, 1973.
- DE MORAIS, L. F. *et al.* Methods to break dormancy in tropical forage legume seeds. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 13, p. 1831-1835, 2014.
- DEGRANDI-HOFFMAN, G.; ECKHOLM, B.J.; HUANG, M.H. A comparison of bee bread made by Africanized and European honey bees (*Apis mellifera*) and its effects on hemolymph protein titers. **Apidologie**, v. 44, p. 52-63, 2013.
- DIAS, M. C. Métodos para superação da dormência em sementes de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) e sua influência na germinação. **Revista UA**, v. 4-5, n.1-2, p. 39-46, 1996.
- DIAZ, S. *et al.* **Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**, 2019.
- DIEHL, M. S. *et al.* Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1527-1536, 2013.
- DINGHA, B. N. *et al.* Evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata*) in an intercropping system as pollinator enhancer for increased crop yield. **Sustainability**, v. 13, n. 17, p. 9612, 2021.
- DINIZ, W. P. S. **Aspectos produtivos, qualitativos e frequência de visitantes florais em espécies de *Stylosanthes* ssp. Na Zona da Mata Seca de Pernambuco**. 2020. 131p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.

- DINIZ, W. P. S. *et al.* Morphological, productive, and nutritional characterization of *Desmanthus* spp. accessions under different cutting intensities. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 1-11, 2021.
- DÖHLER, T. L.; PINA, W. C. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes florais do sabiá (*Mimosa Caesalpinifolia* Benth.) em Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. **Scientia Plena**, v. 13, n. 8, e-088001-1, 2017.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B. *et al.* Multiple ecosystem services of arboreal legumes. **The Journal of the International Legume Society**, v. 17, p. 10-12, 2019.
- DWIVEDI, G. K.; KUMAR, D. Nitrogen economy, dry matter production and seed production potential of *Setaria sphacelata* by intercropping of pasture legumes. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 182, p. 121–126, 2001.
- EL ABDOUNI, I. *et al.* Diversity and relative abundance of insect pollinators in Moroccan agroecosystems. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 866581, 2022.
- ENGEL, M. S. Systematic melittology: where to from here? **Systematic Entomology**, v. 36, n. 1, p. 2–15, 2011.
- FAGUNDES, G. M. *et al.* Tannin-rich forage as a methane mitigation strategy for cattle and the implications for rumen microbiota. **Animal Production Science**, v. 61, n. 1, p. 26-37, 2020.
- FAHRIG, L. *et al.* Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology Letters**, v. 14, n. 2, p. 101–112, 2011.
- FERREIRA, E. A. *et al.* Cutting ages of elephant grass for chopped hay production. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 245-253, 2018.
- FONTANA, C. S. *et al.* Conservation of grassland birds in South Brazil: a land management perspective. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 2, p. 83–87, 2016.
- FREITAS, R. S. *et al.* Dry matter yield and nutritional characteristics of elephant-grass genotypes. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 35, n. 5, p. 1-8, 2019.
- FUMERO-CABÁN, J. J.; MELÉNDEZ-ACKERMAN, E. J. Relative pollination effectiveness of floral visitors of *Pitcairnia angustifolia* (Bromeliaceae). **American Journal of Botany**, v. 94, n. 3, p. 419-424, 2007.
- GARIBALDI, L. A. *et al.* Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, p. 1062-1072, 2011.
- GENINI, J. *et al.* Cheaters in mutualism networks. **Biology Letters**, v. 6, n. 4, p. 494-497, 2010.
- GERSSEN-GONDELACH, S. J. *et al.* Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 240, p. 135–147, 2017.

GILL, R. J.; BALDOCK, K.; BROWN, M. Protecting an ecosystem service: approaches to understanding and mitigating threats to wild insect pollinators. **Advances in Ecological Research**, v. 54, p. 135-206, 2016.

GIMENES, F. M. A *et al.* Forage mass and agronomic traits of Elephant grass genotypes under free-growth and conventional cutting systems. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2577- 2587, 2016.

GODFRAY, H. C. J. *et al.* Food security: the challenge of the present. **Science**, v. 327, p. 812-818, 2010.

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.): A nutritive multipurpose forage legume for the Tropics - An overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, Paquistão, v. 2, n. 6, p. 374-379, 2003.

GOMIDE, C. A. M. *et al.* Informações sobre a cultivar de capim-elefante BRS Kurumi. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, p. 1-4, 2015.

GOULSON, D. *et al.* Choosing rewarding flowers; perceptual limitations and innate preferences influence decision making in bumblebees and honeybees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, p. 1523-29, 2007.

GOULSON, D. *et al.* Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, p. 1255957, 2015.

GRAB, H. *et al.* Agriculturally dominated landscapes reduce bee phylogenetic diversity and pollination services. **Science**, v. 363, n. 6424, p. 282–284, 2019.

GUAN, X.-K. *et al.* Soil carbon sequestration by three perennial legume pastures is greater in deeper soil layers than in the surface soil. **Biogeosciences** v. 13, n. 2, p. 527-534, 2016.

GUPTA, J. K.; CHAHAL, J.; BHATIA, M. *Clitoria ternatea* (L.): Old and new aspects. **Journal of Pharmacy Research**, v. 11, n. 3, p. 2610-2614, 2010.

HALL, T. J. Adaptation and agronomy of *Clitoria ternatea* L. in Northern Australia. **Tropical Grasslands**, v. 19, n. 4, p. 156-163, 1985.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HANSON, J.; ELLIS, R. H. Progress and challenges in ex situ conservation of forage germplasm: grasses, herbaceous legumes and fodder trees. **Plants**, v. 9, p. 446, 2020.

HEINRITZ, S. N. *et al.* The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, n. 3-4, p. 201-210, 2012.

HOFSTEDE, F. E.; SOMMEIJER, M. J. Influence of environmental and colony factors on the initial commodity choice of foragers of the stingless bee *Plebeia Tobagoensis* (Hymenoptera; Meliponini). **Insectes Sociaux**, v. 53, n. 3, p. 258–264, 2006.

HOSANG, E. *et al.* Nitrogen contribution from forage legume in maize farming system in West Timor, Indonesia. **Solutions to Improve Nitrogen for the World. Proceedings of**, p. 1-4, 2016.

HUTASOIT, R. *et al.* Evaluation of four pasture legumes species as forages and cover crops in oil palm plantation. **JITV**, v. 22, p. 124–134, 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 59-62, 2010.

INOUYE, D. W. The ecology of nectar robbing. In: BENTLEY, B.; ELIAS, T.S. (eds.). **The biologies of nectaries**. Columbia University Press, New York. Pp. 153-173, 1983.

INOUYE, D. W. The terminology of floral larceny. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1251-1253, 1980.

IRWIN R. E. *et al.* Nectar robbing: ecological and evolutionary perspectives. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, p. 271-292, 2010.

JAIME, A.; ROSEMBERG, M.; ECHEVARRÍA, M. Efecto de la edad y estación sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto Elephant morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*) en la costa central. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n.1, p. 137–141, 2019.

JENSEN, E. S.; CARLSSON, G.; HAUGGAARD-NIELSEN, H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: a global-scale analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, p. 5, 2020.

JUMA, H. K. *et al.* Evaluation of Clitoria, Gliricidia and Mucuna as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows. **Livestock Science**, v. 103, p. 23-29, 2006.

KHAN, N. *et al.* Suppressive plants as weed management tool: Managing Parthenium hysterophorus under simulated grazing in Australian grasslands. **Journal of Environmental Management**, v. 247, p. 224–233, 2019.

KLEIN, A. M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biology Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

KLEINERT, A. M. P.; GIANNINI, T. C. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. **Psique**, e291519, 2012.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A. *et al.* Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. **Ecology Letters**, v. 20, p. 673–689, 2017.

- KUMAR, A.; HANSON, J.; ABDENA, A. Production of high-quality tropical forage legume seeds. **Advances in Seed Production and Management**, p. 119-137, 2020.
- KUMAR, E. G. An integrated study on effect of climate change on biodiversity and visit of insect pollinators and the seed germination in *Clitoria ternatea*, an ornamental and medicinal plant. **Journal of Medical Science and Clinical Research**, v. 5, n. 3, p. 18331-18336, 2017.
- LEITES, L. P.; ZUBIZARRETA-GERENDIAIN, A.; ROBINSON, A. P. Modeling mensurational relationships of plantation-growth loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Uruguay. **Forest Ecology Management**, v. 289, p. 455-462, 2013.
- LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. **Grassland productivity and ecosystem services**. Oxford: CABI, 2011.
- LEMONS, M. F. *et al.* Grass size and butterfly pea inclusion modify the nutritional value of elephant grass silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021.
- LEONARD, A. S.; PAPA, D. R. X' marks the spot: The possible benefits of nectar guides to bees and plants. **Functional Ecology**, v. 25, n. 6, p. 1293-1301, 2011.
- LIU, Q. H.; DONG, Z. H.; SHAO, T. Effect of additives on fatty acid profile of high moisture alfalfa silage during ensiling and after exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v. 236, p. 29-38, 2018.
- LOPES, J. *et al.* Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2658-2665, 2011.
- LOPES, J. J.; ARAÚJO FILHO, J. A. Suplementação protéica de novilhos mestiços em regime de pastagem nativa melhorado no sertão central do Ceará. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18, 1981, Goiânia. **Anais**. Goiânia: SBZ, 364 p, 1981.
- MALERBO-SOUZA, D. T. The corn pollen as a food source for honeybees. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 701-704, 2011.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Frequência e comportamento de abelhas e outros insetos nas flores do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Zootecnia Tropicales**, v. 29, n. 4, p. 475- 484, 2011.
- MAPATO, C.; WANAPAT, M. Comparison of silage and hay of dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum*) fed to Thai native beef bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 7, p. 1473-1477, 2018.
- MARANHÃO, T. D. *et al.* Biomass components of *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed at different growth ages and seasons. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 1, p. 11-22, 2018.
- MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, 2012.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Diversidade genética em acessos de *Stylosanthes capitata*. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 4, p. 284-289, 2015.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, 2011.

MEDEIROS, A. S. *et al.* Biomass production and chemical bromatological composition of jureminha submitted to increasing saline levels. **Archivos de Zootecnia**, v. 69, n. 265, p. 54-64, 2020.

MEDEIROS, A. S. *et al.* Morphology, accumulation and survival of *Desmanthus* under different planting densities and harvest heights. **Grass and Forage Science**, p. 1– 12, 2022.

MICHENER, C. D. **The bees of the World**. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007.

MILET-PINHEIRO, P.; SCHLINDWEIN, C. Pollination in *Jacaranda rugosa* (Bignoniaceae): euglossine pollinators, nectar robbers and low fruit set. **Plant Biology**, v. 11, p. 131-141, 2009.

MISTURA, C. *et al.* Adubação orgânica no cultivo da Cunhã na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 581-594, 2010.

MISTURA, C. *et al.* Germinação e desenvolvimento de plântulas de cunhã em função da salinidade. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 12, n. 2, p. 306-317, 2011.

MOREIRA, J. O.; VIDAL NETO, F. C.; ARAGÃO JÚNIOR, T. C. A cultura da cunhã. **EPACE. Circular Técnica**, v. 4, p. 16, 1988.

MORRIS, B. Characterization of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) accessions for morphology, phenology, reproduction and potential nutraceutical, pharmaceutical trait utilization. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, p. 421–427, 2009.

MOURA, R. L. *et al.* Evaluation of grass and legume tropical mixtures and performance of grazed sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 52, n. 1, p. 25-33, 2022.

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

NICODEMO, M. L. F. *et al.* Frequências de cortes em nove leguminosas forrageiras tropicais herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 809-818, 2015.

NICOLSON, S. W. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. **African Zoology**, v. 46, n. 2, p. 197-204, 2011.

NORRIS, S. L. *et al.* Intercropping flowering plants in maize systems increases pollinator diversity. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 20, n. 2, p. 246-254, 2018.

NYFELER, D. *et al.* Grass–legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 140, p. 155-163, 2011.

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. 1-23, 2019.

OJIEWO, C. *et al.* Genomics, genetics and breeding of tropical legumes for better livelihoods of smallholder farmers. **Plant Breeding**, v. 138, p. 487-499, 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. R. B. **Caracterização das silagens de capim elefante associada à cunhã e uso exclusivo em dietas para caprinos**. 2018. 59p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Petrolina-PE.

OLIVEIRA, J. P. *et al.* Avaliação da fixação e transferência de nitrogênio na associação gramíneas-leguminosas forrageiras tropicais, através da diluição isotópica do ¹⁵N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 2, p. 210-222, 1996.

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

OLIVEIRA, P. E.; RECH, A. R. Biologia floral e polinização no Brasil: história e possibilidades. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 3, p. 321-328, 2018.

OLIVO, C. J. *et al.* Produtividade e valor nutritivo de pastos consorciados com diferentes espécies de leguminosas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2051-2058, 2012.

ORTIZ, N. *et al.* Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil conditions: Effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. **Journal of Plant Physiology**, v.174, p. 87–96, 2015.

PAES, H. M.; DA SILVA, L. E. Pastagens consorciadas como alternativa sustentável na produção de ruminantes. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 112-118, 2016.

PALMER, R. G. *et al.* The role of crop-pollinator relationships in breeding for pollinator-friendly legumes: from a breeding perspective. **Euphytica**, v. 170, p. 35–52, 2009.

PANDEYA, K. *et al.* *In vitro* propagation of *Clitoria ternatea* L.: A rare medicinal plant. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, p. 664-668, 2010.

PATEL, J. *et al.* Effect of seed treatment on germination and flavonoids diversity in accessions of butterfly pea (*Clitoria ternatea*). **The Indian Journal of Agriculture Science**. v. 86, p. 1553–1558, 2016.

PEDRO, S. R. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, p. 348–354, 2014.

PEREIRA, A. V. *et al.* BRS Capiaçú: cultivar de Capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, p. 1–6, 2016.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiáçu-New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 59-62, 2017.

PEREIRA, A.V. *et al.* Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, e9317, 2021.

PEREIRA, A.V. *et al.* **Melhoramento de forrageiras tropicais**. In: NASS, L. L *et al.* Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 1183p, 2001.

PEREIRA, F. D. S. *et al.* Diets containing cunhã (*Clitoria ternatea* L.) hay and forage cactus (*Opuntia* sp.) meal on production and meat quality of Boer crossbred goat. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 5, p. 2707-2713, 2020.

PHELAN, P. *et al.* Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, pp. 281-326, 2015.

POTTS, S. G. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, p. 345–353, 2010.

POTTS, S. G. *et al.* Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, p. 220–229, 2016.

POWNEY, G. D. *et al.* Widespread losses of pollinating insects in Britain. **Nature Communications**, v. 10, p. 1018, 2019.

QUEIROZ, I. V. *et al.* Biomass and chemical responses of *Desmanthus* spp. accessions submitted to water deprivation. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 937-944, 2021.

RADER, R. *et al.* Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. **Journal of Applied and Ecology**, v. 46, p. 1080-1087, 2009.

RADERSCHALL, C. A. *et al.* Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 306, p107189, 2021.

RAMALHO, M.; ROSA, J. F. Ecologia da interação entre as pequenas flores de quilha de *Stylosanthes viscosa* Sw. (Fabaceae) e as grandes abelhas *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) cearensis Ducke, (Apoidea, Hymenoptera), em duna tropical. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 93-100, 2010.

REILLY, J. R. *et al.* Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators: pollination limitation in US crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biology Sciences**, v. 287, p. 2–9, 2020.

RESENDE, A. S. *et al.* Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, p. 71-92, 2013.

- RIBEIRO, O. L. *et al.* Perfil fermentativo de silagens de Capim Tanzânia contendo diferentes concentrações de Farelo de Algaroba. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 39-42, 2014.
- RIBEIRO, R. E. P. *et al.* The genotype does not influence the establishment of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 44, e54986, 2022.
- RICKETTS, T. H. *et al.* Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499–515, 2008.
- ROUT, G. R. Micropropagation of *Clitoria ternatea* Linn. (Fabaceae) An important medicinal plant. **Vitro Cellular & Developmental Biology plant**, v. 41, p. 516-519, 2005.
- RUVIARO, C. F. *et al.* Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 435–443, 2015.
- SAKAGAMI, S. F.; LAROCA, S. Relative abundance, phenology and flower visits of apid bees in Eastern Paraná, South Brazil (Hym., Apidae). Tokyo: **The Entomological Society of Japan**, v. 39, p. 213-230, 1971.
- SAKAMOTO, L. S. *et al.* Pasture intensification in beef cattle production can affect methane emission intensity. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 10, p. skaa309, 2020.
- SANCHEZ, M. E. N.; ARANGO, J. A. C.; BURKART, S. Promoting forage-legume – pollinator interactions: Integrating crop pollinator management, native beekeeping and silvopastoral systems in Tropical Latin America. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 2021.
- SANTOS, E. *et al.* Diversity of bee assemblage (Family Apidae) in natural and agriculturally intensified ecosystems in Uruguay. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 5, p. 1232–1241, 2020.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição, Brasília: Embrapa, 2018.
- SANTOS, K. C. *et al.* Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Livestock Science**, v. 195, p. 118-124, 2017.
- SAS Institute Inc. **SAS® OnDemand for Academics: User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2014.
- 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.
- ŠIDLAUSKAITĖ, G. *et al.* Plant diversity, functional group composition and legumes effects versus fertilisation on the yield and forage quality. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1182, 2022.
- SILVA, A. B. *et al.* Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 502-511, 2013.

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, p. 2132-2140, 2010a.

SILVA, Á. R. *et al.* Fertilidade do solo em agrofloresta após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, p. 44-51, 2011.

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, 2021a.

SILVA, P. H. F. **Aspectos produtivos, morfofisiológicos e nutricionais de genótipos de capim-elefante de diferentes portes consorciados com cunhã**. 2021. 80p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.

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, n. 9, e20200848, 2021b.

SILVA, R. M. **Adução fosfatada sobre a cultura da cunhã no semiárido**. 2011. 66p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Petrolina-PE.

SILVA, T. B. S. **Respostas produtivas e qualitativas de leguminosas forrageiras sob diferentes sistemas de cultivo**. 2022. 79p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.

SILVA, V. J. *et al.* Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 97-102, 2010b.

SILVEIRA NETO, S. *et al.* **Manual de Ecologia dos Insetos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1976.

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, p. 979-989, 2017.

SOUZA, E. S. *et al.* Fixação de N₂ e crescimento do calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.), após sucessivos cortes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 6, p. 1036-1048, 1996.

SOUZA, H. A. *et al.* Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional e índice SPAD de capim-elefante irrigado para corte. **Revista Brasileira de Saúde de Produção Animal**, v. 15, n. 3, p. 584-591, 2014.

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. **Anatomia e valor nutritivo de genótipos de Capim-elefante de diferentes portes sob irrigação**. 2019. 107p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.

SPRENGEL, C. K. Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen [The secret of nature in the form and function of Flowers discovered]. **Friedrich Vieweg der Ältere**, 1793.

SUSO, M. J. *et al.* Enhancing legume ecosystem services through an understanding of plant-pollinator interplay. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 333, 2016.

TAMBARA, A. A. C. *et al.* Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 235-241, 2017.

TASEI, J. N. Les insectes pollinisateurs de la féverole d'hiver (*Vicia faba* equina L.) et la pollinisation des plantes mâle-stérile en production de semence hybride. **Apidologie**, v. 7, p. 1-38, 1976.

TAUR, D. J. *et al.* Pharmacognostical and preliminary phytochemical evaluation of *Clitoria ternatea* leaves. **Pharmacogn**, v. 2, p. 260–265, 2010.

TAVARES, M. G. *et al.* Karyotypic variation in the stingless bee *Trigona spinipes* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from different geographical regions of Brazil. **Apidologie**, v. 52, p. 1358–1367, 2021.

TEIXEIRA, C. M. *et al.* Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 497-506, 2010a.

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

TEMESGEN, T.; AYANA, M.; BEDADI, B. Evaluating the Effects of Deficit Irrigation on Yield and Water Productivity of Furrow Irrigated Onion (*Allium cepa* L.) in Ambo, Western Ethiopia. **Irrigation & Drainage Systems Engineering**, v. 7, p. 1–6, 2018.

THILAKARATHNA, M. S. *et al.* Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Deveçopment**, v. 36, p. 58, 2016.

THILAKARATHNA, R. M. M. S. *et al.* Characterizing nitrogen transfer from red clover populations to companion bluegrass under field conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, p. 1163–1173, 2012.

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

- TURA, L. E.; TOLOSSA, T. T. Effect of Irrigation Water Quality and Deficit Irrigation on Crop Yield and Water Use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 8, p. 1201–1210, 2020.
- TURNOS, L. J. N. Influence of light intensity on the growth and yield of blue ternate (*Clitoria* Sp.). **Asian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1-14, 2021.
- VAN DER SLUIJS, J. P. Insect decline, an emerging global environmental risk. **Current Opinion in Environment Sustainability**, v. 46, p. 39–42, 2020.
- VANDERMEULEN, S. *et al.* In vitro assessment of ruminal fermentation, digestibility and methane production of three species of *Desmanthus* for application in northern Australian grazing systems. **Crop and Pasture Science**, v. 69, n. 8, p. 797-807, 2018.
- 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, p. 1268- 1275, 2018.
- VIDAL, A. K. F. *et al.* Production potential and chemical composition of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) at different ages for energy purposes. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 25, p. 1428-1433, 2017.
- WRIGHT, G. A. *et al.* Caffeine in floral nectar enhances a pollinator's memory of reward. **Science**, v. 339, p. 1202-1204, 2013.
- YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. A. Temperature response of photosynthesis in C₃, C₄, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, n. 1, p. 101-117, 2013.
- YOUSAF, M. *et al.* Effects of fertilization on crop production and nutrient-supplying capacity under rice-oilseed rape rotation system. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–9, 2017.
- ZAKARIA, N. N. A. *et al.* In vitro protective effects of an aqueous extract of *Clitoria ternatea* L. flower against hydrogen peroxide-induced cytotoxicity and UV-induced mtDNA damage in human keratinocytes. **Phytotherapy Research**, v. 32, n. 6, p. 1064-1072, 2018.
- ZATTARA, E. E.; AIZEN, M. A. Worldwide Occurrence Records Reflect a Global Decline in Bee Species Richness. **One Earth: Cell Press**, v. 4, p. 114–123, 2021.
- ZEGADA-LIZARAZU, W.; PARENTI, A.; MONTI, A. Intercropping grasses and legumes can contribute to the development of advanced biofuels. **Biomass and Bioenergy**, v. 149, n. 2, e106086, 2021.
- ZETINA-CÓRDOBA, P. *et al.* Effect of cutting interval of Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) and partial substitution with duckweed (*Lemna* sp. and *Spirodela* sp.) on intake,

digestibility and ruminal fermentation of Pelibuey lambs. **Livestock Science**, v. 157, n. 2-3, p. 471–477, 2013.

ZHANG, C. *et al.* Productivity effect and overuse of pesticide in crop production in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, p. 1903–1910, 2015.

ZIECH, A. R. D. *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.

APÊNDICES



Figura 1. Cunhã (*Clitoria ternatea* L.)



Figura 2. Flores presentes nas cunhãs em monocultivo e consorciada com diferentes genótipos de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco, Carpina - PE.

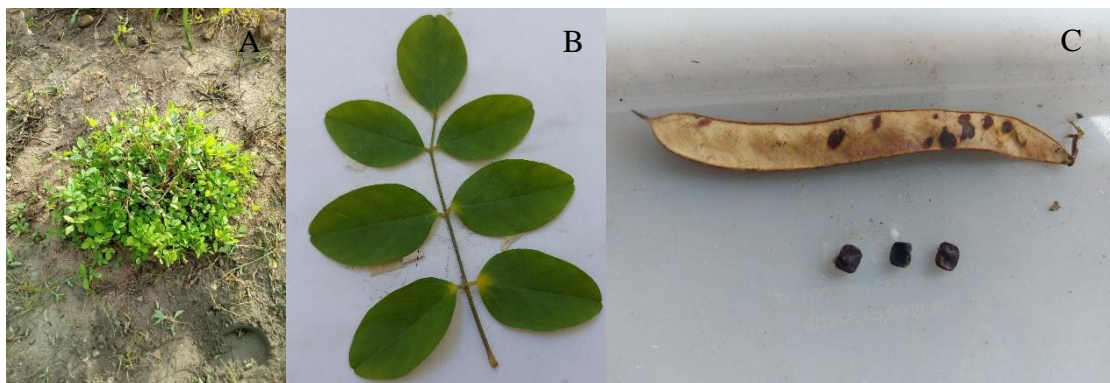


Figura 3. Caracterização morfológica da espécie. *Clitoria ternatea* L. (A), Folhas (B), Vagem e sementes (C).



Figura 4. Parcela de cunhã consorciada.



Figura 5. Parcela de cunhã consorciada.



Figura 6. Visitantes florais nas inflorescências da *Clitoria ternatea* L..



Figura 7. Visitantes florais coletando pólen.

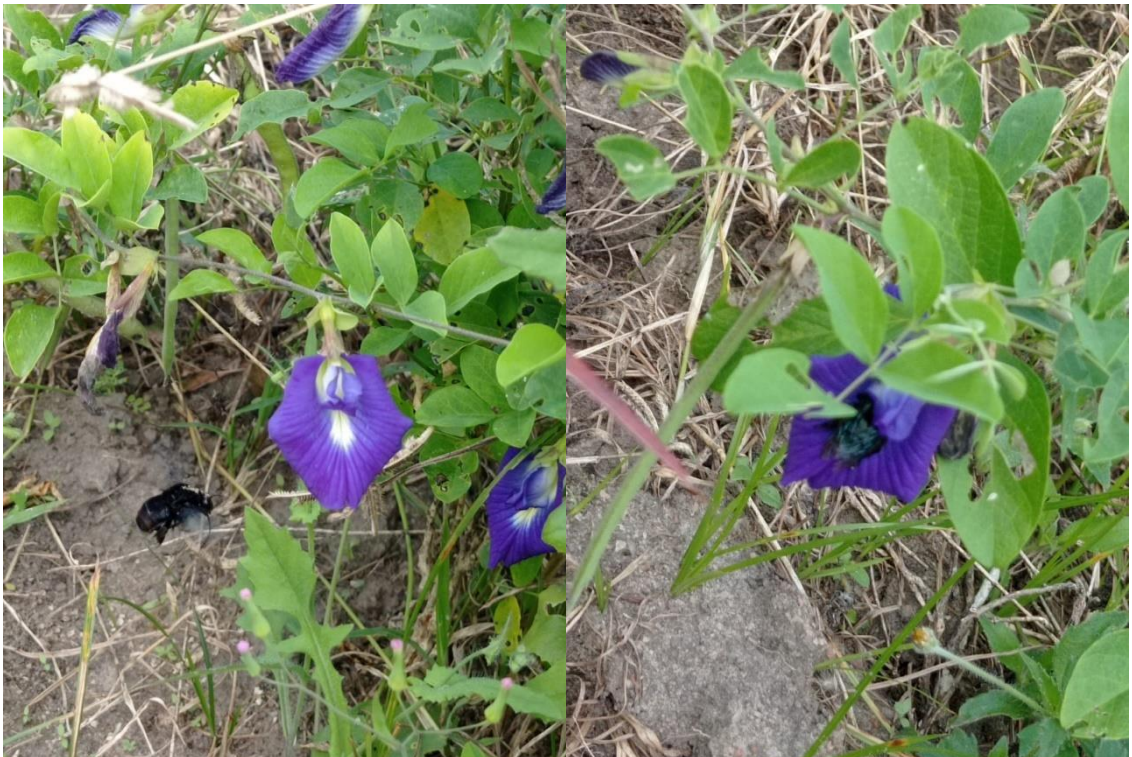


Figura 8. *Xylocopa* spp. coletando néctar e pólen.



Figura 9. *Trigona spinipes* coletando néctar.



Figura 10. Perfuração na base da corola da flor de cunhã realizada pela abelha *Trigona spinipes*.