

**JOSÉ MATHEUS GOMES DE SANTANA**

**INDICADORES AGRONÔMICOS DE SISTEMAS DE CULTIVO DE *MIMOSA*  
*CAESALPINIIFOLIA* E PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

**SERRA TALHADA - PE  
2026**

**S  
A  
N  
T  
A  
N  
A  
  
J  
  
M  
  
G  
  
I  
N  
D  
I  
C  
A  
D  
O  
R  
E  
S  
  
A  
G  
R  
O  
N  
Ô  
M  
I  
C  
O  
S  
  
D  
E  
  
S  
I  
S  
T  
E  
M  
A  
S**

**JOSÉ MATHEUS GOMES DE SANTANA**

**INDICADORES AGRONÔMICOS DE SISTEMAS DE CULTIVO DE *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* E PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite

Coorientador:

Prof. Dr. José Raliuson Inácio da Silva

**SERRA TALHADA - PE**

**2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Bibliotecário(a): Danilo Trindade Barbosa – CRB-4 002285/O

S232i Santana, José Matheus Gomes de.  
Indicadores agronômicos de sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpiniiifolia* e palma forrageira em ambiente semiárido / José Matheus Gomes de Santana. – Serra Talhada, 2026.  
87 f.; il.

Orientador(a): Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite.

Co-orientador(a): José Raliuson Inácio da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Consorciação de cultura. 2. Leguminosa forrageira. 3. Uso da água. 4. Opuntia 5. Sabiá (Árvore). I. Leite, Mauricio Luiz de Mello Vieira, orient. II. Silva, José Raliuson Inácio da, coorient. III. Título

CDD 581.15

JOSÉ MATHEUS GOMES DE SANTANA

**INDICADORES AGRONÔMICOS DE SISTEMAS DE CULTIVO DE *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* E PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 24/02/2026

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite – UFRPE/UAST  
Orientador

---

Dr. José Nildo Tabosa - IPA  
Examinador externo

---

Dr. Vicente José Laamon Pinto Simões - UFRGS  
Examinador externo

*À minha esposa, mãe, pai, tia e avós,  
Eloysa Pereira da Silva,  
Inácia Gomes de Lima,  
Pedro Assis Souza Santana,  
Ana Tércia Souza Santana,  
Dona Lelé e Seu Jota,  
é tudo por vocês hoje e sempre*

*Amo muito vocês!*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir chegar até aqui, me guiando e iluminando todos os meus caminhos.

Agradeço, também, aos meus colegas de mestrado pelo suporte, respeito e brincadeiras, aos meus professores que contribuíram para obtenção desse título tão importante. E ao meu grande mentor, Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite, obrigado por todos os ensinamentos, conselhos e compreensão.

Ainda, gostaria de agradecer aos meus amigos, Raul, Paulo, Raniele, Hozana, Sidney, Isla, Pedro Artur, Pamela e demais integrantes do GEFOR, por todo o apoio e ajuda no desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, gostaria de agradecer a minha esposa pela compreensão e suporte nas horas difíceis, e a toda minha família, É TUDO POR NÓS!

## RESUMO GERAL

Nesta pesquisa, avaliou-se o desempenho agrônomo, a eficiência biológica e a habilidade competitiva de sistemas de cultivo envolvendo a leguminosa arbórea *Mimosa caesalpiniiifolia* e a palma forrageira no Semiárido brasileiro. O estudo justifica-se pela necessidade de novas estratégias para garantir a segurança forrageira em regiões marcadas por escassez hídrica e solos em degradação. O experimento foi conduzido em sequeiro, entre junho de 2024 e setembro de 2025, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, no delineamento em blocos ao acaso, com três sistemas de cultivo: *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira em monocultivo e consórcio *M. caesalpiniiifolia*-palma, com 10 repetições. Foram avaliadas características estruturais, produtivas, eficiência no uso da água e acúmulo de serrapilheira. Além dos índices de eficiência do consórcio e habilidade competitiva. Os resultados integrados evidenciaram que o consórcio não comprometeu as características estruturais nem as taxas de crescimento das espécies. O sistema consorciado demonstrou superioridade produtiva, alcançando rendimento de massa seca ( $16,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) significativamente superior aos monocultivos da palma ( $9,81 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e da *M. caesalpiniiifolia* ( $3,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). A eficiência no uso dos recursos naturais foi confirmada pela eficiência no uso da água do consórcio, 69,2% superior à da palma solteira e por um Uso Eficiente da Terra de 4,13, indicando uma vantagem de 313% na utilização da área. Embora a leguminosa tenha apresentado maior agressividade e dominância competitiva, a Razão de Competitividade (0,08) e o Ganho Atual de Rendimento validaram a viabilidade do cultivo simultâneo. O estudo contribui cientificamente ao propor um arranjo inovador de integração lavoura-floresta que otimiza o aproveitamento de água da chuva e promove a diversificação produtiva. Portanto, é possível afirmar que em relação a eficiência de utilização da terra, do aproveitamento da água e, de otimização de rendimento; o consórcio *Mimosa caesalpiniiifolia*-palma forrageira é estratégia viável para o Semiárido brasileiro. Nesse sentido, são necessários estudos de longo prazo para avaliar a resiliência e sustentabilidade desse sistema, além da necessidade do aprofundamento dos efeitos desse consórcio sob a fisiologia das espécies envolvidas. E por fim, os impactos sob as condições edáficas do sistema.

**Palavras-chave:** Consórcio; leguminosa forrageira nativa; eficiência hídrica; *Opuntia*; sistemas agroflorestais; sabiá.

## GENERAL ABSTRACT

In this study, the agronomic performance, biological efficiency, and competitive ability of cropping systems involving the arboreal legume *Mimosa caesalpinifolia* and forage cactus were evaluated under semi-arid conditions in Brazil. The study is justified by the need for new strategies to ensure forage security in regions characterized by water scarcity and soil degradation. The experiment was conducted under rainfed conditions from June 2024 to September 2025 at Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit, Pernambuco State, Brazil. The experimental design was a randomized complete block with three cropping systems: *M. caesalpinifolia* monocrop, forage cactus monocrop, and *M. caesalpinifolia*–cactus intercropping, with ten replicates. Structural and productive traits, water-use efficiency, and litter accumulation were evaluated, in addition to intercropping efficiency and competitive ability indices. The integrated results showed that intercropping did not compromise structural traits or growth rates of the species. The intercropping system demonstrated superior productivity, reaching a dry matter yield ( $16.6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) significantly higher than the monocrops of forage cactus ( $9.81 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and *M. caesalpinifolia* ( $3.91 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Resource-use efficiency was confirmed by the water-use efficiency of the intercropping system, which was 69.2% higher than that of the cactus monocrop, and by a Land Equivalent Ratio of 4.13, indicating a 313% advantage in land use. Although the legume exhibited greater aggressivity and competitive dominance, the Competitive Ratio (0.08) and the Actual Yield Gain confirmed the viability of simultaneous cultivation. This study contributes scientifically by proposing an innovative crop–forest integration arrangement that optimizes the use of rainfall and promotes productive diversification. Therefore, it can be concluded that, in terms of land-use efficiency, water-use optimization, and yield maximization, the *Mimosa caesalpinifolia*–forage cactus intercropping system is a viable strategy for the Brazilian semi-arid region. Further long-term studies are required to assess the resilience and sustainability of this system, as well as to deepen the understanding of its effects on the physiology of the involved species and on soil conditions.

**Keywords:** Intercropping; native forage legume; water-use efficiency; *Opuntia*; agroforestry systems; sabiá.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> em diferentes fases de desenvolvimento .....                             | 21 |
| Figura 2. Folha composta bipinada (a) e inflorescência do tipo espiga (b) de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> ..... | 22 |
| Figura 3. Complexo da enzima nitrogenase .....                                                                     | 23 |
| Figura 4. Cultivos de palma forrageira doce miúda (a) e orelha de elefante mexicana (b). .....                     | 26 |
| Figura 5. Consórcio palma forrageira-sabiá (a) e palma forrageira-café (b).....                                    | 29 |

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Localização da área de estudo situada no município de Serra Talhada, Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil.....                                                                                                                                         | 40 |
| Figura 2. Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (junho de 2024 a setembro de 2025) em Serra Talhada-Pe.....                                                                                                                                 | 41 |
| Figura 3. Esquema representativo dos tratamentos sabiá em monocultivo (a), sabiá consorciada com palma forrageira (b) e palma forrageira em monocultivo (c). .....                                                                                              | 42 |
| Figura 4. Sementes de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (sabiá) com (a) e sem envoltório (b). .....                                                                                                                                                               | 43 |
| Figura 5. Bandejas plásticas com o substrato para o semeio das sementes de sabiá.....                                                                                                                                                                           | 44 |
| Figura 6. Mudas de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (sabiá) em crescimento nas bandejas (a) e no saco plástico (b), no momento do transplantio. ....                                                                                                             | 44 |
| Figura 7. Plantio de palma forrageira. ....                                                                                                                                                                                                                     | 45 |
| Figura 8. Evolução das características estruturais de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> em função dos graus-dia acumulados (GDA). (a) altura de planta, (b) largura de copa e (c) diâmetro de caule.....                                                          | 49 |
| Figura 9. Evolução das características estruturais da palma forrageira em função dos graus-dia acumulados (gda).....                                                                                                                                            | 51 |
| (a) altura de planta, (b) largura de planta, (c) número total de cladódios e (d) área de cladódio. ....                                                                                                                                                         | 51 |
| Figura 10. Rendimento em massa fresca (a, c, e) e massa seca (b, d, f) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Mc) aos 450 dias após o transplantio e palma forrageira (p) 450 dias após o plantio, em monocultivo e consórcio (Mc-P). .... | 52 |
| Figura 11. Acúmulo de serrapilheira ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em sistemas de cultivo de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Mc) aos 450 dias após o transplantio em monocultivo e em consórcio com palma forrageira (Mc-P). ....                                     | 53 |
| Figura 12. Eficiência do uso de água da chuva (EUAC, $\text{kg Ms mm}^{-1}$ ) em sistemas de cultivo de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Mc) em monocultivo, palma forrageira em monocultivo (P) e no consórcio (Mc-P). ....                                    | 54 |

### CAPÍTULO III

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Localização da área de estudo situada no município de Serra Talhada, Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil..... | 69 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2. Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (junho de 2024 a setembro de 2025) em Serra Talhada-Pe. ....                                           | 70 |
| Figura 3. Esquema representativo dos sistemas de cultivo: sabiá em monocultivo (a), sabiá consorciada com palma forrageira (b) e palma forrageira em monocultivo (c). .... | 72 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

|                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Estratégia de busca e critérios da análise dos estudos incluídos na revisão .....                                                                                                     | 19 |
| Tabela 2. Taxa de fixação biológica de nitrogênio de algumas espécies de leguminosas ..                                                                                                         | 24 |
| Tabela 3. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro e ácido (FDN e FBA), lignina e estrato etéreo (EE) de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> .....             | 25 |
| Tabela 4. Características bromatológicas de <i>mimosa caesalpiniiifolia</i> em diferentes épocas do ano. ....                                                                                   | 25 |
| Tabela 5. Biomassa fresca (BF) e seca (BS) de clones de palma forrageira sob diferentes condições de chuva (mm), temperatura (T °C) e umidade relativa do ar (UR %) em ambiente semiárido ..... | 27 |
| Tabela 6. Composição bromatológica da palma forrageira .....                                                                                                                                    | 28 |

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo da área experimental, Serra Talhada –Pe..                                                                                       | 41 |
| Tabela 2. Atributos químicos do substrato utilizado para o semeio de sementes de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> , após superação de dormência. Serra talhada, 2024 .....      | 43 |
| Tabela 3. Características estruturais de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Mc) em monocultivo e consorciada com palma forrageira (Mc-P), aos 450 dias após o transplântio ..... | 48 |
| Tabela 4. Características estruturais da palma forrageira em monocultivo (p) e consorciada com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (P-Mc), aos 450 dias após o plantio .....       | 50 |

### CAPÍTULO III

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo da área experimental, Serra talhada – Pe ..                                                            | 70 |
| Tabela 2. Produtividade de matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) em sistemas de cultivo de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> e palma forrageira ..... | 76 |
| Tabela 3. Índices de eficiência do consórcio <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> e palma forrageira.                                                      | 77 |
| Tabela 4. Índices de habilidade competitiva de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> consorciada com a palma forrageira (Mc-P) .....                        | 78 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                                                                                                                                   | <b>13</b> |
| <b>CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA: POTENCIAL AGRONÔMICO DE <i>MIMOSA CAESALPINIIFOLIA</i> E PALMA FORRAGEIRA PARA SISTEMAS CONSORCIADOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO .....</b> | <b>15</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                   | <b>17</b> |
| <b>2. METODOLOGIA .....</b>                                                                                                                                                 | <b>18</b> |
| <b>3. SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>                                                                                                                                        | <b>19</b> |
| <b>4. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES .....</b>                                                                                                                                 | <b>20</b> |
| 4.1 <i>Mimosa caesalpinifolia</i> .....                                                                                                                                     | 20        |
| 4.2 <i>Palma forrageira (Opuntia e Nopalea)</i> .....                                                                                                                       | 26        |
| 4.3 <i>Sistemas de consórcio no Semiárido brasileiro</i> .....                                                                                                              | 28        |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                                                        | <b>30</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                                                 | <b>31</b> |
| <b>CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA DO CONSÓRCIO MIMOSA CAESALPINIIFOLIA-PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO .....</b>               | <b>36</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                   | <b>38</b> |
| <b>2. METODOLOGIA .....</b>                                                                                                                                                 | <b>39</b> |
| 2.2 Área de estudo.....                                                                                                                                                     | 39        |
| 2.2 Design e tratamentos experimentais .....                                                                                                                                | 41        |
| 2.3 Procedimentos de condução experimental.....                                                                                                                             | 42        |
| 2.4 Coleta de dados estruturais .....                                                                                                                                       | 45        |
| 2.5 Dinâmica de crescimento das espécies .....                                                                                                                              | 46        |
| 2.6 Rendimento de fitomassa .....                                                                                                                                           | 46        |
| 2.7 Acúmulo de serrapilheira .....                                                                                                                                          | 47        |
| 2.8 Eficiência do uso da água da chuva .....                                                                                                                                | 47        |
| 2.9 Análises estatísticas.....                                                                                                                                              | 47        |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>                                                                                                                                                  | <b>48</b> |
| 3.1 Características estruturais de <i>M. caesalpinifolia</i> .....                                                                                                          | 48        |
| 3.2 Características estruturais da palma forrageira .....                                                                                                                   | 50        |
| 3.3 Rendimento de fitomassa .....                                                                                                                                           | 51        |
| 3.4 Acúmulo de serrapilheira .....                                                                                                                                          | 52        |
| 3.5 Eficiência do uso de água da chuva .....                                                                                                                                | 53        |
| <b>4. DISCUSSÃO.....</b>                                                                                                                                                    | <b>55</b> |
| 4.1 Características estruturais e dinâmica de crescimento .....                                                                                                             | 55        |
| 4.2 Rendimento forrageiro dos sistemas .....                                                                                                                                | 57        |
| 4.3 Acúmulo de serrapilheira .....                                                                                                                                          | 58        |
| 4.4 Eficiência do uso de água da chuva .....                                                                                                                                | 58        |
| <b>5. CONCLUSÃO.....</b>                                                                                                                                                    | <b>59</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                                                 | <b>60</b> |
| <b>CAPÍTULO III – ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO CONSÓRCIO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE MIMOSA CAESALPINIIFOLIA E PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO .....</b>                            | <b>66</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                   | <b>68</b> |
| <b>2. METODOLOGIA .....</b>                                                                                                                                                 | <b>69</b> |
| 2.1 Área de estudo.....                                                                                                                                                     | 69        |
| 2.2 Design e tratamentos experimentais .....                                                                                                                                | 71        |
| 2.3 Procedimentos de condução experimental.....                                                                                                                             | 72        |
| 2.5 Análises estatísticas.....                                                                                                                                              | 76        |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>                                                                                                                                                  | <b>76</b> |
| 3.1 Índices de eficiência do consórcio .....                                                                                                                                | 77        |
| 3.2 Índices de habilidade competitiva.....                                                                                                                                  | 77        |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 4. DISCUSSÃO.....                          | 78 |
| 5. REFERÊNCIAS.....                        | 82 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES..... | 85 |

## APRESENTAÇÃO

A região semiárida do Brasil possui cerca de 28 milhões de habitantes, que necessitam de recursos para subsistência e garantia da qualidade de vida. Apesar das condições climáticas desafiadoras, essa região possui rica biodiversidade vegetal e animal. A principal atividade econômica praticada em estabelecimentos rurais não irrigados é a pecuária extensiva, entretanto, as pastagens nativas não garantem o suporte forrageiro necessário durante o ano inteiro. Nesse contexto, é de suma importância a busca por sistemas agrícolas que possibilitem o uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e convertam tais recursos em forragem para os rebanhos, garantindo a sustentabilidade forrageira.

A palma forrageira, por exemplo, é empregada nos sistemas produtivos do Semiárido brasileiro desde o século XIX. Embora exótica, adaptou-se muito bem as condições edafoclimáticas da região. No sertão nordestino, essa planta é pilar fundamental na alimentação dos ruminantes, devido ao seu alto teor de carboidratos, alto teor de água e elevada palatabilidade. Porém, a palma forrageira apresenta baixos teores de fibras e proteínas, levando a necessidade de complementação da dieta animal. Desse modo, os produtores locais optam pelo cultivo de plantas como o milho, cana de açúcar, mandioca e outras culturas, com o objetivo de suprir esse déficit nutricional da palma.

Entretanto, tanto o cultivo de culturas agrícolas quanto o consumo da pastagem nativa são limitados aos períodos chuvosos do ano. Essa limitação hídrica acaba fragilizando a cadeia produtiva, tornando a atividade muitas vezes inviável durante longos períodos de estiagem. Por esses motivos, é necessária a adoção de sistemas de cultivo eficientes e de culturas com capacidade de adaptação aos irregulares regimes de chuva. O cultivo consorciado é a prática de se cultivar duas ou mais espécies de forma simultânea, com o objetivo de otimizar o uso da área, do tempo e dos recursos naturais disponíveis. Por esses motivos, o consórcio é visto como prática eficiente, principalmente para regiões semiáridas, onde os recursos naturais disponíveis são mais escassos.

Contudo, é fundamental que a escolha das espécies seja pautada em padrões como complementariedade entre as culturas, produtividade global do sistema e competição interespecífica mínima. As leguminosas forrageiras arbóreas são bastante empregadas nesse tipo de sistema por prestarem serviços ecossistêmicos, como fixação biológica de nitrogênio e fornecimento de proteínas. A *Mimosa caesalpiniiifolia*, por exemplo, é uma leguminosa

com capacidade não só de fornecer nitrogênio ao sistema, mas também sombra, serrapilheira e madeira. Com base nisso, essa pesquisa buscou trazer informações a respeito do consórcio *Mimosa caesalpiniiifolia*-palma forrageira. Sistema de cultivo pioneiro, mas que apresenta grande potencial produtivo e de provimento de serviços ecossistêmicos, notadamente em ambiente semiárido.

O capítulo I apresenta o referencial teórico do tema abordado. O capítulo II apresenta os aspectos estruturais, rendimento forrageiro e uso da água pela palma forrageira e *M. caesalpiniiifolia* em sistemas de cultivo solteiro e consorciado, no Semiárido pernambucano. Na palma, foram avaliados os aspectos estruturais, tais como: altura de planta, largura de planta, número total de cladódios e a área de cladódio. Na leguminosa, foram mensuradas: altura de planta, largura de copa, diâmetro de caule, números de ramos. Determinou-se o rendimento de massa fresca e seca da palma forrageira e da *M. caesalpiniiifolia*, bem como, a eficiência de utilização de água da chuva e acúmulo de serrapilheira da leguminosa, em função dos distintos sistemas de cultivos.

No capítulo III, quantificou-se a produtividade da palma forrageira e da *M. caesalpiniiifolia* em diferentes sistemas de cultivo. Foram calculados os índices de eficiência do consórcio: uso eficiente da terra, razão de área equivalente no tempo, coeficiente equivalente de terra e índice de produtividade do sistema. E a habilidade competitiva do consórcio pelo coeficiente de adensamento relativo, agressividade, perda ou ganho atual de rendimento e razão de competitividade. Em síntese, esta pesquisa evidencia o potencial do consórcio sabiá-palma forrageira estratégia para ampliar a produção de forragem, otimizar o uso dos recursos naturais e fortalecer a provisão de serviços ecossistêmicos, contribuindo para sistemas agrícolas mais resilientes e produtivos no Semiárido brasileiro.

Finalizando, estão as considerações finais e sugestões desta pesquisa.

## **CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA: POTENCIAL AGRONÔMICO DE *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* E PALMA FORRAGEIRA PARA SISTEMAS CONSORCIADOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

### **RESUMO**

O Semiárido brasileiro apresenta chuvas escassas, altas temperaturas do ar, limitando a agricultura de sequeiro. Assim, a pecuária é a principal atividade econômica dos estabelecimentos rurais não irrigados no Semiárido brasileiro, mas sofre com a escassez de forragem de qualidade na seca. Sistemas agrícolas sustentáveis, como os agroflorestais, surgem como alternativa para garantir segurança alimentar, renda e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Uma abordagem inovadora é o emprego da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) em consórcio com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) como estratégia sustentável de produção de forragem. A sabiá é uma espécie leguminosa arbórea endêmica do Brasil e nativa da caatinga, possui grande aptidão para produção de forragem, devido ao teor elevado de proteínas encontrado em suas folhas. A palma forrageira, pertence à família Cactaceae, possui o Metabolismo Ácido das Crassuláceas que consiste na capacidade de assimilar o CO<sub>2</sub> atmosférico durante a noite e elevado uso eficiente de água. Difere-se das demais cactáceas por sua alta produção de matéria fresca por hectare. Desse modo, objetivou-se com essa revisão reunir os conhecimentos disponíveis sobre o potencial agronômico da sabiá e da palma forrageira, para o uso em sistemas consorciados no Semiárido brasileiro. O Semiárido brasileiro carece de estudos voltados ao uso de espécies nativas da região, com isso, potenciais produtivos como a sabiá, que apresenta grande provisão de serviços ecossistêmicos podem ser explorados de forma mais profunda. A palma forrageira destaca-se pela maior habilidade competitiva e elevada eficiência hídrica. Uma cultura consolidada no Nordeste brasileiro e fonte fundamental de forragem. Entretanto, ainda são necessários estudos que avaliem não somente o manejo do consórcio, a dinâmica interespecífica ao longo dos ciclos produtivos e os efeitos cumulativos sobre o solo e a produtividade, de modo a consolidar recomendações agronômicas mais robustas para agricultores do Semiárido brasileiro.

**Palavras-chave:** Forrageiras xerófilas; leguminosa arbórea nativa; *Nopalea*; *Opuntia*; sabiá; Sistemas agroflorestais.

## CHAPTER I – LITERATURE REVIEW: AGRONOMIC POTENTIAL OF *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* AND FORAGE CACTUS FOR INTERCROPPING SYSTEMS IN SEMI-ARID ENVIRONMENTS

### ABSTRACT

The Brazilian Semiarid region is characterized by low and irregular rainfall and high air temperatures, which constrain rainfed agriculture. Consequently, livestock production constitutes the main economic activity of non-irrigated farming systems in this region; however, it is severely affected by the scarcity of high-quality forage during the dry season. Sustainable agricultural systems, such as agroforestry, have emerged as viable alternatives to enhance food security, generate income, and contribute to climate change mitigation. An innovative approach involves the use of sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) intercropped with forage cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) as a sustainable strategy for forage production. Sabiá is an arboreal leguminous species endemic to Brazil and native to the Caatinga biome, with high potential for forage production due to the elevated protein content of its leaves. Forage cactus, belonging to the family Cactaceae, exhibits Crassulacean Acid Metabolism, which allows the assimilation of atmospheric CO<sub>2</sub> during the night and confers high water-use efficiency. It is distinguished from other cacti by its high fresh biomass yield per hectare. Thus, this literature review aimed to compile and synthesize existing knowledge on the agronomic potential of sabiá and forage cactus for use in intercropping systems in the Brazilian Semi-Arid region. There is a notable lack of studies focusing on the use of native species adapted to this environment; therefore, species such as sabiá, which provide significant ecosystem services, warrant further investigation. Forage cactus stands out due to its greater competitive ability and high water-use efficiency, being a well-established crop in Northeastern Brazil and a fundamental source of forage. Nevertheless, further studies are required to evaluate not only intercropping management practices but also interspecific dynamics throughout production cycles and cumulative effects on soil properties and productivity. Such efforts are essential to support the development of more robust agronomic recommendations for farmers in the Brazilian Semiarid region.

**Keywords:** Xerophytic forages; native arboreal legume; *Nopalea*; *Opuntia*; sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*); agroforestry systems.

## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil é marcada por condições edafoclimáticas bastante desafiadoras, apresentando características marcantes como a baixa e irregular pluviosidade (400 a 800 mm<sup>-1</sup> ano), elevadas temperaturas do ar diurnas, elevada evapotranspiração potencial e uma alta demanda atmosférica (Bezerra *et al.*, 2022; Jardim *et al.*, 2021). Além disso, os solos dessa região estão em processo acelerado de degradação devido a fatores antrópicos (e.g. queimadas, desmatamento) e naturais (e.g. erosão eólica e hídrica) que afetam diretamente a fertilidade dos mesmos, principalmente nas camadas mais superficiais (Begizew, 2021; Macedo *et al.*, 2023).

Em função dessas limitações produtivas, a pecuária assume maior representatividade econômica nos estabelecimentos rurais não irrigados da região. (Begizew, 2021). Com maior destaque para a criação de caprinos, ovinos e bovinos, muito embora grande parte dos rebanhos sofra com baixos níveis nutricionais Leite *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2021). Uma das causas principais é a escassez de forragem de qualidade durante os períodos secos do ano (Bezerra *et al.*, 2022; Scholes, 2020).

Dessa maneira, optar pelo o uso de sistemas agrícolas sustentáveis e adaptados ao ambiente semiárido é o caminho para a segurança alimentar dessa região (Scholes, 2020). É essencial promover sistemas agrícolas inspirados na natureza, com destaque para os sistemas agroflorestais, que integram espécies arbóreas perenes às áreas cultivadas (Minini *et al.*, 2024; Sahoo *et al.*, 2023). Essa abordagem visa, principalmente, gerar ganhos econômicos, contribuindo tanto para o atendimento das demandas nacionais quanto para a melhoria das condições de vida das comunidades rurais (Sahoo *et al.*, 2023). Além disso, a agrossilvicultura exerce um papel relevante na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, graças à sua eficiência na captura e armazenamento de carbono por longos períodos (Singh; Chudasama, 2021).

Os sistemas agroflorestais englobam variadas espécies vegetais, onde o melhor arranjo visa atender as necessidades específicas de cada local. No Semiárido brasileiro, esses sistemas devem ser voltados para o uso de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas (Salvador *et al.*, 2024), a exemplo da utilização da sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em consórcio com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), como alternativa produtiva. A sabiá é uma leguminosa arbórea, endêmica do Brasil e nativa da

caatinga, espécie melífera com capacidade de fixação de nitrogênio biológico, resistente a condições de estresse hídrico, por isso é muito empregada na recuperação de áreas degradadas (Oliveira *et al.*, 2019). Além disso, possui grande aptidão para produção de forragem, devido ao seu elevado de proteínas e fibras encontrado em suas folhas e ramos herbáceos (Mendes *et al.*, 2013). Por fim, sua madeira apresenta elevada densidade específica e poder calorífico lhe agregando alto valor comercial (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018).

A palma forrageira, que pertence à família das cactáceas, possui o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) que consiste na capacidade de assimilar o CO<sub>2</sub> atmosférico durante a noite, outras adaptações morfológicas, como presença de acúleos, caule suculento do tipo cladódio, sistema radicular superficial e elevado uso eficiente de água (Jardim *et al.*, 2021; Neupane *et al.*, 2024). A principal característica que a difere das demais plantas da família é sua alta produção de matéria verde por hectare ( $\sim 500 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (Salvador *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2014).

Devido ao potencial em regular a emissão de gases de efeito estufa, controle de erosão e sedimentos, ciclagem de nutrientes e produção quali-quantitativo de forragem dessas duas espécies, nasce a importância de se estudar esse agroecossistema. Desse modo, objetivou-se com essa revisão reunir os conhecimentos disponíveis sobre o potencial agrônomo da sabiá e da palma forrageira, para o uso em sistemas consorciados no Semiárido brasileiro.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa, que buscou reunir, analisar e sintetizar o conhecimento científico disponível sobre a *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (sabiá) e a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), considerando aspectos agrônômicos, ecológicos, produtivos e a possível viabilidade do consórcio entre essas espécies. A abordagem adotada buscou identificar lacunas, oportunidades e avanços científicos relacionados ao tema, contribuindo para a compreensão das potencialidades e limitações dessa prática agroecológica no contexto da agricultura sustentável.

Foram utilizadas bases de dados científicas e palavras-chave ligadas ao tema. A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa, com ênfase na identificação de

padrões, convergências e lacunas de conhecimento. As informações extraídas foram discutidas de forma integrada à luz do contexto do Semiárido brasileiro. A Tabela 1 apresenta um resumo esquematizado dos critérios utilizados nessa revisão.

**Tabela 1.** Estratégia de busca e critérios da análise dos estudos incluídos na revisão

| Etapa                 | Descrição                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bases de dados        | Scopus, Web of Science, SciELO.                                                                                                                                                                                             |
| Período de busca      | Prioritariamente estudos dos últimos cinco anos.                                                                                                                                                                            |
| Termos utilizados     | ("sabiá" OR <i>Mimosa caesalpinifolia</i> ) AND ("palma forrageira" OR <i>Opuntia</i> OR <i>Nopalea</i> OR "forage cactus"); ("consórcio forrageiro" OR "intercropping"); ("Semiárido environment" OR "Ambiente semiárido") |
| Critérios de inclusão | Publicações dos últimos 10 anos. Estudos focados em sistemas consorciados com na utilização da <i>M. caesalpinifolia</i> e/ou palma em ambiente semiárido; Documentos em português, inglês e espanhol                       |
| Critérios de exclusão | Estudos duplicados entre bases. Trabalhos sem relação direta com consórcio forrageiro, sem foco na <i>M. caesalpinifolia</i> e palma forrageira; Textos sem acesso completo                                                 |

### 3. SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A região semiárida do Brasil compreende, atualmente, uma extensão territorial de aproximadamente 1,31 milhão de km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 12% da superfície nacional e abrange 1.427 municípios (SUDENE, 2021). Este espaço geográfico abriga um contingente populacional estimado em 28 milhões de pessoas, configurando-se como uma das áreas secas mais habitadas do globo (Salvador *et al.*, 2022). O regime climático é definido por uma acentuada irregularidade na distribuição pluvial, com precipitações anuais variando entre 300 e 800 mm, em contraste com taxas de evapotranspiração potencial que podem atingir até 2.000 mm ano<sup>-1</sup> (Araujo *et al.*, 2024). Tais fatores, somados à alta incidência de radiação solar e temperaturas elevadas, resultam em um balanço hídrico negativo crônico e riscos recorrentes de escassez hídrica (Bezerra *et al.*, 2022). A dinâmica ambiental é ainda influenciada pela predominância de solos rasos e pedregosos, os quais possuem baixa capacidade de drenagem e fragilizam a produção biológica (Begizew, 2021).

No âmbito econômico, a pecuária extensiva constitui o principal pilar de sustentação regional, com destaque para a criação de bovinos e pequenos ruminantes que auxiliam na segurança financeira das famílias rurais (Bezerra *et al.*, 2022). As atividades agrícolas

concentram-se no cultivo de grãos como milho, feijão e soja, além da produção estratégica de palma forrageira, valorizada por sua alta eficiência no uso da água (Dubeux Júnior *et al.*, 2021). Implementação de manejos resilientes, como o uso de cobertura morta e sistemas consorciados com gramíneas xerófilas, tem sido essencial para mitigar as oscilações no aporte de forragem (Souza *et al.*, 2022). Contudo, aproximadamente 85% do território já se encontra sob processo de desertificação moderado, agravado por ações antropogênicas como o superpastejo e a conversão de matas nativas em pastagens cultivadas (Araújo *et al.*, 2024). Problemáticas como a baixa fertilidade natural e a salinização dos solos, decorrentes de manejos hídricos inadequados, limitam severamente a produtividade das lavouras (Salvador *et al.*, 2022).

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

##### 4.1 *Mimosa caesalpiniiifolia*

A *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. conhecida pelos nomes populares sabiá, sansão-do-campo, angiquinho-sabiá e unha-de-gato, pertence ao gênero *Mimosa* da família Fabaceae (Ernani *et al.*, 2007). É nativa do Nordeste brasileiro, ocorrendo em Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, e com possível ocorrência em Sergipe, distribuindo-se de forma natural no Brasil, entre as regiões Norte, Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018).

Seu hábito de crescimento varia de arbustivo a arbóreo, com sua altura podendo chegar a 10 metros de comprimento (Figura 1). Sua casca possui aproximadamente 5 mm de espessura apresentando acúleos no tronco, podendo também ser inerte (Ernani *et al.*, 2007).



**Figura 1.** *Mimosa caesalpinifolia* em diferentes fases de desenvolvimento

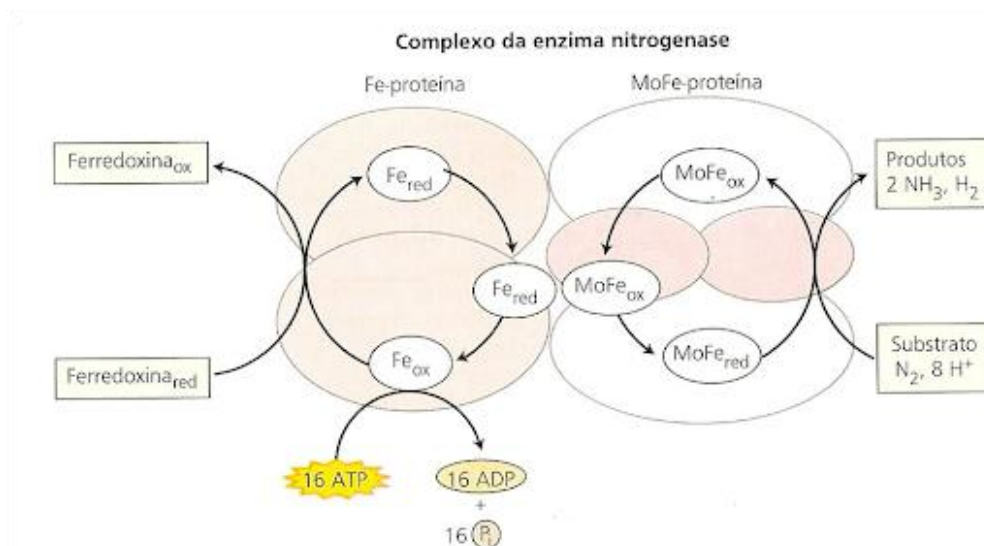
Fonte: Santana (2025).

Suas folhas são compostas bipinadas, com 4 a 8 folíolos com ausência de pelos e tricomas, o pecíolo tem em média 2 a 5 cm de comprimento, sua inflorescência é cilíndrica do tipo espiga, medindo aproximadamente 10 cm (Figura 2) (Ernani *et al.*, 2007). Em relação a seu tipo de sucessão é caracterizada como pioneira, ocorrendo tanto em vegetações primárias quanto secundárias, sendo tipicamente heliófolia (Pinheiro *et al.*, 2024).



**Figura 2.** Folha composta bipinada (A) e inflorescência do tipo espiga (B) de *Mimosa caesalpinhiifolia*. Fonte: Santana (2025).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma importante característica presente em algumas espécies da família Fabaceae, incluindo a *M. caesalpinhiifolia*. Esse processo ocorre por meio da associação simbiótica com bactérias diazotróficas (e.g. *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), que reduzem o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) a amônia ( $NH_3$ ), posteriormente convertida em amônio ( $NH_4^+$ ), forma assimilável pelas plantas (Aviz *et al.*, 2021). Essas bactérias utilizam os exsudatos produzidos pelas plantas para realizarem a quebra do  $N_2$  atmosférico através da enzima nitrogenase (Figura 3), por sua vez, as plantas utilizam o N na forma assimilada para realizar a síntese de DNA, RNA, proteínas e clorofila (Aviz *et al.*, 2021; Simoni *et al.*, 2014; Terra *et al.*, 2019).



**Figura 3.** Complexo da enzima nitrogenase. Fonte: Oliveira (2025).

Segundo Oliveira *et al.* (2019) a *M. caesalpiniiifolia* apresenta capacidade de formar nódulos com rizóbios, destacando-se a associação com  $\beta$ -rizóbios do gênero *Paraburkholderia* (anteriormente classificados como *Burkholderia*). Além disso, os autores relataram a capacidade da sabiá em formar simbiose com diferentes bactérias fixadoras de nitrogênio quando introduzida em outras regiões. De acordo com Terra *et al.* (2019), algumas leguminosas forrageiras como a leucena (*Leucaena leucocephala*) possuem grande capacidade de FBN, fixando até 900 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Já Simoni *et al.* (2014) apontaram uma taxa de FBN de aproximadamente 7 a 235 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o feijão Guandu (*Cajanus cajan*).

A sabiá tem capacidade de fixar até 120 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N com uma densidade populacional de 3600 plantas por hectare, contribuindo de forma positiva para o balanço de N no solo (Pessoa *et al.*, 2025). Essa capacidade de introduzir N ao solo é de suma importância para os sistemas agrícolas, uma vez que a redução no aporte de N mineral propicia benefícios como, diminuição nos processos de salinização e acidificação do solo, redução da emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na atmosfera, redução nos custos da propriedade com adubação nitrogenada e estabilização do sistema (Aviz *et al.*, 2021; Pessoa *et al.*, 2025; Simoni *et al.*, 2014). Na Tabela 2 são apresentadas as taxas de fixação biológica de nitrogênio de algumas leguminosas.

Apesar de apresentarem maiores taxas de FBN em relação a *M. caesalpiniiifolia*, a leucena e feijão guandu são espécies exóticas. O uso de espécies introduzidas tem se mostrado vantajoso por conta da grande capacidade em oferecer serviços ecossistêmicos (e.g. forragem, matéria prima, sombra, nutrientes ao solo) (Terra *et al.*, 2019; Simoni *et al.*,

2014). Por outro lado, a introdução de espécies não nativas pode contribuir para o desequilíbrio do ecossistema ao qual venha a ser introduzida (Karamian *et al.*, 2023), contribuindo negativamente para a ciclagem de nutrientes, condições físicas e químicas do solo, aproveitamento da água e respiração microbiana do solo. Karamian *et al.* (2023) relataram melhorias significativas nas condições físicas, químicas e biológicas do solo de área de vegetação nativa em comparação a área plantada de espécies não nativas. Essas informações reforçam o potencial de uso positivo da *M. caesalpiniiifolia*, pois ela demonstra grande aptidão de prover serviços ecossistêmicos, aliado à sua grande adaptabilidade as condições do semiárido Brasileiro.

**Tabela 2.** Taxa de fixação biológica de nitrogênio de algumas espécies de leguminosas

| Leguminosas                               | Taxa de fixação de N (Kg/ha/ano) |
|-------------------------------------------|----------------------------------|
| Alfafa ( <i>Medicago sativa</i> )         | ~ 333                            |
| Crotalária ( <i>Crotalaria juncea</i> )   | ~ 249                            |
| Estilosantes ( <i>Stylosanthes</i> sp.)   | ~ 263                            |
| Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )  | ~ 900                            |
| Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> ) | ~ 120                            |

Fonte: (Pessoa *et al.*, 2025; Terra *et al.*, 2019).

Por apresentar crescimento acelerado, rebrota intensa, alto conteúdo proteico e energético, além de tolerância à seca, *M. caesalpiniiifolia* é considerada uma espécie de grande potencial para a exploração forrageira e integração em sistemas agroflorestais voltados à pecuária no Semiárido brasileiro (Pereira *et al.*, 2011). Segundo a literatura, seu teor de proteína bruta gira em torno de 17% a 20%, seus ramos possuem elevada aceitabilidade e suas folhas são consumidas principalmente na fração serrapilheira (Tabela 3) (Pereira *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2025). Além disso, Silva *et al.* (2025) relataram disponibilidade de forragem na fração de serrapilheira variando entre 2.839 kg MS ha<sup>-1</sup> a 2.000 kg MS ha<sup>-1</sup> da época seca para período de transição chuva-seca, respectivamente.

**Tabela 3.** Teores de matéria seca (MS), Proteína bruta (PB), Fibras em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), Lignina e estrato etéreo (EE) de *Mimosa caesalpinifolia*

| Variáveis | Quantidades (%) |
|-----------|-----------------|
| MS        | 30-40           |
| PB        | ~20             |
| FDN       | 65-70           |
| FDA       | 40-50           |
| Lignina   | ~ 50            |
| EE        | 2-3             |

Fonte: Santos *et al.* (2023).

Santos *et al.* (2023) apontaram que o manejo correto é essencial para manter as características bromatológicas da sabiá, pois nos períodos secos do ano ela tende a reduzir seus teores de matéria seca. Silva *et al.* (2025) relataram que a sabiá apresenta melhores características químicas e bromatológicas nos períodos de chuva e transição chuva-seca, esses autores associaram tal comportamento a maior incidência de novas brotações que tendem a ser mais ricas nutricionalmente (Tabela 4). Esses dados apontam a necessidade de estudos que abordem o manejo adequado dessa espécie com ênfase na produção de forragem, uma vez que apesar de seu enorme potencial como forrageira, a literatura ainda é incipiente em estudos que tratem desse viés.

**Tabela 4.** Características bromatológicas de *Mimosa caesalpinifolia* em diferentes épocas do ano

| Época      | PB    | EE   | FDN   | FDA   |
|------------|-------|------|-------|-------|
| Seca-chuva | 10,56 | 5,14 | 72,37 | 52,98 |
| chuva      | 8,35  | 1,54 | 85,51 | 80,13 |
| chuva-seca | 10,23 | 3,19 | 85,96 | 81,98 |
| Seca       | 8,04  | 2,09 | 74,02 | 64,24 |

Proteína bruta (PB), Estrato etéreo (EE), Fibra em Detergente neutro (FDN), Fibra em Detergente ácido (FDA).

Fonte: Silva *et al.* (2025).

Outra grande característica dessa espécie é seu uso amplo para fins madeireiros, devido às suas destacadas características físico-mecânicas. Sua madeira é empregada na fabricação de portas, dormentes, além de ser utilizada como estacas, mourões, fonte de lenha e carvão (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018). Apresenta alta densidade (0,86 g/cm<sup>3</sup>),

elevado poder calorífico e rendimento gravimétrico de carbonização de 41,1% a  $42 \pm 2$  °C, com 73% de carbono fixo e apenas 1,8% de cinzas. As estacas, em particular, são valorizadas pela sua durabilidade, mesmo em condições adversas, dispensando tratamentos específicos para preservar a madeira (Carvalho, 2007; Oliveira *et al.*, 2019).

Em cultivos com cinco anos de idade, a produtividade pode atingir aproximadamente 5.000 estacas  $\text{ha}^{-1}$  (Pereira *et al.*, 2011). O valor das estacas e mourões varia entre R\$ 15,00 a 20,00 reais e R\$ 25,00 a 30,00, respectivamente, com uma forte influência do local. Levando em consideração uma produção média de 5.000 estacas  $\text{ha}^{-1}$  a renda bruta do produtor com a venda de estacas e mourões de sabiá, pode ser superior a 25.000,00 R\$  $\text{ha}^{-1}$  ano<sup>-1</sup> após o primeiro corte, geralmente realizado após quatro anos.

#### 4.2 Palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*)

A palma forrageira pertence à família *Cactaceae* e no Brasil os gêneros mais cultivados são *Opuntia* e *Nopalea*, com destaque para os clones Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) e Doce Miúda (*Nopalea cochenillifera*), figurando como os principais cultivados (Figura 4), seguidos pelos clones Gigante, Redonda, IPA Clone-20 (*O. ficus-indica*) e IPA Sertânia (*N. cochenillifera*) (Dubeux Júnior *et al.*, 2021). Estima-se que aproximadamente 600 mil hectares estão destinados ao cultivo de palma forrageira, onde a principal finalidade é a alimentação de animais (Salvador *et al.*, 2022; Alves; Santos, 2024).



**Figura 4.** Cultivos de palma forrageira Doce Miúda (A) e Orelha de Elefante Mexicana (B).  
Fonte: Santana (2025).

A palma forrageira possui características morfofisiológicas que lhe conferem grande adaptabilidade às condições de clima semiárido. Seu sistema radicular superficial permite a absorção mais rápida de água da chuva, o que aumenta sua eficiência no uso da água. Além disso, seu caule (cladódios) possui adaptações morfológicas para armazenamento de água e

seus espinhos substituíram as folhas, permitindo a redução na perda de água (Alves; Santos, 2024; Santos *et al.*, 2025). Apresenta boa adaptação a diferentes condições climáticas, porém, para alcançar altas produtividades, a faixa de temperatura mais favorável situa-se entre 16°C e 25°C. O volume de chuvas ideal oscila de 360 mm a 820 mm ao ano. Já a umidade relativa do ar durante a noite, que contribui para um melhor desenvolvimento da planta, permanece em torno de 55% a 60% (Neves *et al.*, 2020).

Seu tipo de metabolismo (MAC) é outra estratégia de adaptação, pois ao contrário de plantas com metabolismo C3 e C4 a palma abre seus estômatos durante o período noturno, capta o CO<sub>2</sub> atmosférico, o armazena e faz assimilação durante o dia, isso faz com que a perda de água para atmosfera caia drasticamente (Jardim *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2023). Edvan *et al.* (2020) mostraram que a palma forrageira tem uma alta capacidade de resiliência climática com respostas produtivas em condições de cultivo acima dos 800 mm de chuva anuais (Tabela 5). Neves *et al.* (2020), apontaram que a palma forrageira necessita de solos bem drenados, como uma condição para respostas produtivas satisfatórias.

**Tabela 5.** Biomassa Fresca (BF) e seca (BS) de clones de palma forrageira sob diferentes condições de chuva (mm), Temperatura (T °C) e umidade relativa do ar (UR %) em ambiente semiárido

| Condição ambientais |            |            |        | Doce Miúda      |                 | Orelha de Elefante Mexicana |                 |
|---------------------|------------|------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Chuva (mm)          | T Min (°C) | T Max (°C) | UR (%) | BF (Ton/ha/ano) | BS (Ton/ha/ano) | BF (Ton/ha/ano)             | BS (Ton/ha/ano) |
| 905,0               | 21,1       | 34,6       | 42,3   | 46,2            | 5,0             | 103,0                       | 14,2            |
| 906,9               | 21,0       | 34,4       | 42,1   | 46,4            | 4,5             | 159,2                       | 17,6            |
| 1000,4              | 20,8       | 34,2       | 43,0   | 134,5           | 14,4            | 94,3                        | 12,2            |
| 958,4               | 20,7       | 34,4       | 43,0   | 51,3            | 6,5             | 56,1                        | 7,9             |
| 996,6               | 20,6       | 34,4       | 41,7   | 98,8            | 11,7            | 106,3                       | 11,2            |
| 935,5               | 20,4       | 34,3       | 42,0   | 130,0           | 12,5            | 165,4                       | 15,6            |
| 873,5               | 20,2       | 34,2       | 43,0   | 72,6            | 2,8             | 73,2                        | 0,9             |

Fonte: Adaptado de Edvan *et al.* (2020)

A palma forrageira possui elevada digestibilidade e palatabilidade pelos animais, elevados níveis de carboidratos solúveis e elevado armazenamento de água (Cirino Junior *et al.*, 2022). A composição química dos cladódios de cactáceas é influenciada por diversos fatores, como a estação do ano, o estágio de desenvolvimento da planta, a ordem dos cladódios, o clone utilizado, além das práticas de manejo como fertilização, colheita, densidade de plantio e condições ambientais (Alves; Santos, 2024; Jardim *et al.*, 2021;

Oliveira *et al.*, 2021). De uma maneira geral, as cactáceas apresentam baixos valores de matéria seca variando entre 5 a 15%, baixos teores de proteína bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro (Cirino Junior *et al.*, 2022; Dubeux Júnior *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023). Porém, a palma forrageira se destaca como um alimento rico em água com teores variando entre 90 a 95%, é considerada uma fonte de energia de alto valor e baixo custo (Santos *et al.*, 2023). As características nutricionais dessa planta podem variar de acordo com as condições ambientais. A Tabela 6 traz uma estimativa desses valores.

**Tabela 6.** Composição bromatológica da palma forrageira

| Composição                    | Valores (%) |
|-------------------------------|-------------|
| Matéria seca                  | 10-15       |
| Proteína bruta                | 4-6         |
| Fibra em Detergente Ácido     | 15-18       |
| Fibra em Detergente Neutro    | 20-32       |
| Material Mineral              | 10-20       |
| Hemicelulose                  | 6-10        |
| Lignina                       | 1-2         |
| Carboidratos não fibrosos     | 50-60       |
| Nutrientes digestíveis totais | 60-70       |

Fonte: Santos *et al.* (2023)

#### 4.3 Sistemas de consórcio no Semiárido brasileiro

Os sistemas de consorciação configuram-se como uma prática agrícola conservacionista, voltada para o uso mais eficiente e sustentável do solo ao longo do tempo (Bezerra *et al.*, 2022). Essa estratégia consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies vegetais na mesma área e durante o mesmo ciclo agrícola. Esse tipo de arranjo pode favorecer ganhos produtivos superiores, decorrentes do uso mais eficiente dos recursos naturais, como água, luz e nutrientes, em comparação aos sistemas de cultivo isolado (Bezerra *et al.*, 2022; Jardim *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2022).



**Figura 5.** Consórcio palma forrageira-sabiá (A) e palma forrageira-café (B). Fonte: Santana (2025).

Diversos estudos abordaram o uso de sistemas consorciados voltados para a produção agropecuária e que são adaptados ao ambiente semiárido. Ashoori *et al.* (2021), relataram que o consórcio entre o sorgo e trevo possibilitou um rendimento de matéria seca por área superior a 80% em comparação ao monocultivo de trevo, recomendando seu uso para promover melhor produção de forragem em ambiente semiárido. Liu *et al.* (2024), avaliaram os impactos na adição de leguminosas em cultivos de milho, onde reportaram um incremento de 6,6 a 12,1% na produtividade dos grãos de milho. Esses mesmos autores narraram que o consórcio milho-leguminosas elevou a entrada de C e N no sistema em comparação ao monocultivo. Finalmente, Diniz *et al.* (2017) avaliaram o consórcio palma-sorgo em ambiente semiárido e mostraram que o cultivo solteiro da palma forrageira apresentou uma produtividade 35,7% inferior ao consórcio, demonstrando maior vantagem produtiva para esse sistema.

Além dos benefícios produtivos, sistemas agroflorestais tem capacidade de melhorar as condições físicas e químicas dos solos (Lira *et al.*, 2022). Esses sistemas quando compostos por leguminosas e palma forrageira têm demonstrado benefícios para as condições edáficas. Camelo *et al.* (2021) mencionaram o favorecimento da microbiota do solo com a presença de leguminosas arbóreas. Os autores explicaram que na ocasião houve reduções nas perdas de C-CO<sub>2</sub>, incremento na biomassa microbiana do solo e maior quociente microbiano no sistema consorciado em relação ao monocultivo de palma forrageira.

É notório que o uso de sistemas consorciados possibilita incrementos na produção por área, melhorias nas condições edáficas, e maior resiliência agrícola, por esse motivo a busca de novos arranjos que testem culturas promissoras torna-se importante. Nesse sentido, o consórcio *Mimosa caesalpiniiifolia*-palma se encaixa por ser um arranjo inovador onde a primeira espécie tem potencial para melhoria do sistema agrícola por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, produzir forragem com alta qualidade nutricional, fornecer madeira e melhorar a cobertura do solo (Carvalho, 2007; Mendes *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2019; Pareyn; Araújo; Drummond, 2018; Pereira *et al.*, 2011; Pinheiro *et al.*, 2024). Já a palma possui elevada produtividade de matéria fresca por área, rica em carboidratos não solúveis, elevado conteúdo de água e alta adaptabilidade a condições de baixo regime hídrico (Cirino Junior *et al.*, 2022; Jardim *et al.*, 2021; Leite *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2023). Desse modo, ambas poderiam complementar a produção forrageira com o fornecimento de fibras, proteínas (*M. caesalpiniiifolia*) e a palma fornecendo carboidratos, água, sais minerais e vitaminas. Além disso, são culturas com grande potencial para recuperação e manutenção da boa qualidade do solo, principalmente em ambientes semiáridos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Semiárido brasileiro carece de estudos voltados ao uso de espécies nativas da região. Com isso, potenciais produtivos como a *Mimosa caesalpiniiifolia* podem ser explorados de forma mais profunda. Como apresentado nessa revisão, os serviços ecossistêmicos dessa planta vão muito além da provisão de madeira e aplicação em cercas vivas. Além disso, sua capacidade em fixar nitrogênio e aporte de serrapilheira podem contribuir para a melhoria das condições do solo. A palma forrageira destaca-se pela maior habilidade competitiva e elevada eficiência hídrica. Uma cultura consolidada no Nordeste brasileiro e fonte fundamental de forragem. Entretanto, ainda são necessários estudos que avaliem não somente o manejo do consórcio, a dinâmica interespecífica ao longo dos ciclos produtivos e os efeitos cumulativos sobre o solo e a produtividade, de modo a consolidar recomendações agronômicas mais robustas para agricultores do Semiárido brasileiro.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, F. A. L., SANTOS, D. C. Morphological and nutritional characterization of the cladodes of seven varieties of forage cactus of the genus *Opuntia* cultivated in Brazil. **South African Journal of Botany**, v. 169, p. 46–55, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.04.020>
- ARAÚJO, A. S. F., DE MEDEIROS, E. V., COSTA, D. P., ARAÚJO PEREIRA, A. P., & MENDES, L. W. From desertification to restoration in the Brazilian semiarid region: Unveiling the potential of land restoration on soil microbial properties. **Journal of Environmental Management**, v. 351, p. 119746, 2024.
- ASHOORI, N., ABDI, M., GOLZARDI, F., AJALLI, J., & ILKAEI, M. N. Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. **Bragantia**, v. 80, p. e1421, 2021. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200423>
- AVIZ, R. O., SILVA, N. S. G., SANTOS, W. M., AMARAL, E. M., SOUZA SANTOS, J. P. A., SILVA, J. O. N., SANTOS, S. Eficiência de fixação de N por rizobactérias nativas do semiárido. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n. 10, p. 81-92, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0008>
- BEGIZEW, G. Agricultural production system in arid and semi-arid regions. **International Journal of Agricultural Science and Food Technology**, p. 234-244, 2021. [10.17352/2455-815x.000113](https://doi.org/10.17352/2455-815x.000113)
- BEZERRA, R. C. A., SANTOS, A. R. M., CORDEIRO, L. R. B. A., SOUZA, J. C. G., NASCIMENTO, D. B., NOGUEIRA, J. C., LEITE, M. L. D. M. V. Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, 11(15), e258111537107-e258111537107, 2022.
- CAMELO, D., DUBEUX JR, J. C. B., SANTOS, M. V. F., LIRA JR, M. A., FRACETTO, G. G. M., FRACETTO, F. J. C., FREITAS, E. V. Soil microbial activity and biomass in semiarid agroforestry systems integrating forage cactus and tree legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1558, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081558>
- CARVALHO, Ernani Paulo Ramalho. **Taxonomia e Nomenclatura**. Colombo: [s. n.], 2007.
- CIRINO JUNIOR, B., LEITE, M. L. M. V., SILVA, F. E., ALVES, C. P., OLIVEIRA, A. C., EUGÊNIO, D. S. Initial growth of forage cactus clones at different potassium fertilization levels. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 23, p. e70836, 2022. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-70836E>
- DINIZ, W. J. S., SILVA, T. G. F., FERREIRA, J. M. S., SANTOS, D. C., MOURA, M. S. B., ARAÚJO, G. G. L., ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724-733, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900004>

- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B., SANTOS, M. V. F., CUNHA, M. V., SANTOS, D. C., ALMEIDA SOUZA, R. T., MELLO, A. C. L., SOUZA, T. C. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, p. 114890, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>
- EDVAN, R. L., MOTA, R. R. M., DIAS-SILVA, T. P., NASCIMENTO, R. R., SOUSA, S. V., SILVA, A. L., ARAÚJO, J. S. Resiliência de genótipos de palma forrageira em região semiárida tropical sujeita à restrição climática de cultivo. **Relatórios Científicos**, v. 10, n. 1, p. 10040, 2020.
- ERNANI, P. **Taxonomia e Nomenclatura**. Colombo: [s. n.], 2007.
- JARDIM, A. M. R. F., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JÚNIOR, G. N. A., ALVES, H. K. M. N., SÁ SOUZA, M., MOURA, M. S. B. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, 188, 104464, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>
- KARAMIAN, M., MIRZAEI, J., HEYDARI, M., KOOCH, Y., & LABELLE, E. R. Seasonal effects of native and non-native woody species on soil chemical and biological properties in semi-arid forests, western Iran. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 3, p. 4474-4490, 2023. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01365-6>
- LEITE, M. L. M. V., SILVA, S., ANDRADE, A. P., PEREIRA, W. E., RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237131344021.pdf>. Acesso em 8 set. 2025.
- LIRA, E. C., FELIX, E. S., OLIVEIRA FILHO, T. J., ALVES, R. C., LIMA, R. P., SOUZA, J. T. A., ARAÚJO, J. S. Realização de consorciação de genótipos de palma forrageira com espécies madeireiras em ambiente semiárido. **Jornal Agronomia**, v. 114, n. 6, p. 3173-3182, 2022. <https://doi.org/10.1002/agj2.21174>
- LIU, R., YANG, L., ZHANG, J., ZHOU, G., CHANG, D., CHAI, Q., & CAO, W. Maize and legume intercropping enhanced crop growth and soil carbon and nutrient cycling through regulating soil enzyme activities. **European Journal of Agronomy**, v. 159, p. 127237, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127237>
- MACEDO, R. S., MORO, L., LAMBAIS, É. O., LAMBAIS, G. R., BAKKER, A. P. D. Effects of degradation on soil attributes under Caatinga in the Brazilian semi-arid. **Revista Árvore**, 47, e4702, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000002> [linkcopy](#)
- MENDES, M. M. C., CHAVES, L. D. F. D. C., PONTES, T. P., SILVA, J. A. A. D., & FIGUEIREDO, M. D. V. B. Crescimento e sobrevivência de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) inoculadas com micro-organismos simbioses em condições de campo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 309-320, 2013. <https://doi.org/10.5902/198050989277>
- MININI, D., AMARAL REIS, C., MOURA, B. M. D., PONTES, T. C. K., SILVA L.T. R., GONZALEZ, C. P. H., NISGOSKI, S. Uma revisão sobre a qualidade da madeira de sistemas agroflorestais. **Sistemas Agroflorestais**, v. 98, n. 3, p. 715-737, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00941-0>

NEUPANE, D., NIECHAYEV, N. A., PETRUSA, L. M., HEINITZ, C., CUSHMAN, J. C. Biomass production of 14 accessions of cactus pear (*Opuntia* spp.) under semi-arid land conditions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.210, n. 2, p. e12705, 2024. <https://doi.org/10.1111/jac.12705>

NEVES, F., SPÍNOLA, A. M., SPÍNOLA, A., NEVES, J. C., KÜSTER, I. S., FIGUEIREDO, M., PEREIRA, S. L. Palma-forrageira: opção e potencialidades para alimentação animal e humana em propriedades rurais do Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: **Incapar**, 2020. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://biblioteca.incapar.es.gov.br:123456789-4153/Description>. Acesso em: 8 set. 2025

OLIVEIRA, F., SENA, R., AZEVEDO, D., SANTOS, D. Difusão de forrageiras adaptadas à caatinga: uma estratégia para a produção animal sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, v.18, n. 38, 2021. [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2021D22](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D22)

OLIVEIRA, I. S. R., JESUS, E. D. C., RIBEIRO, T. G., SILVA, M. S. R. A., TENORIO, J. D. O., MARTINS, L. M. V., FARIA, S. M. *Mimosa caesalpinifolia* Benth. adapta-se a populações de rizóbios com taxonomia diferencial e eficácia simbiótica fora de sua localização de origem. **Microbiologia FEMS Ecologia**, v.95, n. 8, p.109, 2019. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz109>

OLIVEIRA, L. E. M. Nitrogenase: como funciona essa enzima. Temas em Fisiologia Vegetal. Disponível em: <<http://www.ledson.ufla.br/assimilacao-e-transporte-de-nitrogenio-2/fixacaobiologica-do-nitrogenio-fbn/nitrogenase-como-funciona-essa-enzima/>>. Acesso em: 27 ago. 2025.

PAREYN, F. G. C., ARAÚJO, E. L., DRUMMOND, M. A. *Mimosa caesalpinifolia*: Sabiá. In: PLANTAS PARA O FUTURO- REGIÃO-NORDESTE . **Embrapa Semiárido**, 2018. p. 759–765. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190118/1/Livro-Nordeste-759-65-2018.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.

PEREIRA, F. C., GOMES, J. M., DANTAS, A. R. D. O., OLIVEIRA, A. K. V. Avaliação do desenvolvimento de um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*, Benth.)(Fabaceae) no Agreste Paraibano. **Revista Principia**, n. 18, p. 48-54, 2011.

PESSOA, D. V., CUNHA, M. V., MELLO, A. C. L., SANTOS, M. V. F., FRACETTO, G. G. M., OLIVEIRA A. V. X., COELHO, J. J. Legume trees in an established tropical grass pasture increase deep-soil N stocks. **European Journal of Agronomy**, v.164, p. 127462, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127462>

PINHEIRO, E. S., ALVES, A. R., HOLANDA, A. C. D., SILVEIRA, G. V. D. S., LOIOLA, Â. T., SILVA, P. C. D., SILVA, K. E. D. Effects of planting density on characteristics of sabiá wood. **Revista Caatinga**, v. 37, p. e11927, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711927rc>

SAHOO, U., MALIK, G. C., MAITRA, S., BANERJEE, M., MASINA, S., NATH, S., SUVADRA, J. S. Intercropping system: a climate-smart approach for sustaining food security. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**, p. 1-7. 2023. <https://10.7324/JABB.2024.170871>

SALVADOR, K. R. S., JARDIM, A. M. D. R. F., NASCIMENTO, G., JÚNIOR, A., ALVES, C. P., PINHEIRO, A. G., SILVA, T. G. F. Intensification of forage cactus production systems by rotating intercropping with grasses, legumes, and oilseeds: A review. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2369–2390, 2021.

Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/28e2/38081008679ee6446b12e44c037535fb774b.pdf>.

Acesso em: 8 set. 2025

SALVADOR, K. R. S., SILVA, J. O. N., SOUZA SANTOS, J. P. A., LEITE, R. M. C., AVIZ, R. O., SANTOS, A. R. M., ... & DA SILVA, T. G. F. Indicadores de eficiência biológica, habilidade competitiva e benefício econômico de sistemas de produção sustentável de forragem: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, p. 2730-2754, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Manicoba-Da-Rosa-Ferraz-Jardim-2/publication/366167298\\_Indicadores\\_de\\_eficiencia\\_biologica\\_habilidade\\_competitiva\\_e\\_beneficio\\_economico\\_de\\_sistemas\\_de\\_producao\\_sustentavel\\_de\\_forragem\\_Uma\\_revisao/links/63944c5b11e9f00cda32f588/Indicadores-de-eficiencia-biologica-habilidade-competitiva-e-beneficio-economico-de-sistemas-de-producao-sustentavel-de-forragem-Uma-revisao.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Manicoba-Da-Rosa-Ferraz-Jardim-2/publication/366167298_Indicadores_de_eficiencia_biologica_habilidade_competitiva_e_beneficio_economico_de_sistemas_de_producao_sustentavel_de_forragem_Uma_revisao/links/63944c5b11e9f00cda32f588/Indicadores-de-eficiencia-biologica-habilidade-competitiva-e-beneficio-economico-de-sistemas-de-producao-sustentavel-de-forragem-Uma-revisao.pdf).

Acesso em: 8 set. 2025

[Indicadores de eficiencia biologica habilidade competitiva e beneficio economico de sistemas de producao sustentavel de forragem Uma revisao/links/63944c5b11e9f00cda32f588/Indicadores-de-eficiencia-biologica-habilidade-competitiva-e-beneficio-economico-de-sistemas-de-producao-sustentavel-de-forragem-Uma-revisao.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alexandre-Manicoba-Da-Rosa-Ferraz-Jardim-2/publication/366167298_Indicadores_de_eficiencia_biologica_habilidade_competitiva_e_beneficio_economico_de_sistemas_de_producao_sustentavel_de_forragem_Uma_revisao/links/63944c5b11e9f00cda32f588/Indicadores-de-eficiencia-biologica-habilidade-competitiva-e-beneficio-economico-de-sistemas-de-producao-sustentavel-de-forragem-Uma-revisao.pdf). Acesso em: 8 set. 2025

SALVADOR, S. K. R., JARDIM, A. M. D. R. F., ALVES, C. P., JÚNIOR, G. D. N. A., SILVA, M. J., DE SOUZA, L. F., SILVA, T. G. F. Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, p.103958, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103958>

SANTOS NETO, C. F., SILVA, R. G., MARANHÃO, S. R., BARRETO, C. M., LOPES, M. N., CÂNDIDO, M. J. D. Morphological characteristics and yield of *Opuntia stricta* and *Nopalea cochenillifera* in integrated crop systems with caatinga trees. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 1, p. 59–68, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00787-y>

SANTOS, A. R. M., BEZERRA, R. C. A., CORDEIRO, L. R. B. A., LEITE, M. L. M. V., SALVADOR, K. R. S., SOUSA, L. C., SILVA, T. G. F. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1466-1489, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 8 set. 2025

SANTOS, A. R. M., BEZERRA, R. C. A., CORDEIRO, L. R. B. A., LEITE, M. L. M. V., SALVADOR, K. R. S., SOUSA, L. D. C., SILVA, T. G. F. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1466-1489, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 8 set. 2025

SANTOS, A. R. M., SALVADOR, K. R. D. S., MORAIS, J. E. F., SOUZA, C. A. A., JARDIM, A. M. D. R. F., ALVES, C. P., SILVA, T. G. F. Growth Dynamics, Yield, Economic Viability and Water Use Indicators of Forage Plants Under Different Irrigation Depths. **Irrigation and Drainage**, 2025. <https://doi.org/10.1002/ird.3096>

SCHOLES, R. J. The future of semi-arid regions: A weak fabric unravels. **Climate**, v. 8, n. 3, p. 43, 2020. <https://doi.org/10.3390/cli8030043>

SILVA, D. L. S., SILVA, M. V. V., PESSOA, J. P. M., SILVA, S. F., SILVA JUNIOR, J. L. R., SANTOS COUTO, M. S., SILVA, M. R. Composição química e disponibilidade de fitomassa em diferentes pastagens na época seca, chuvosa e transição. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 4, p. e7814448705-e7814448705, 2025. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i4.48705>

SILVA, T. G. F., MEDEIROS, R. S., ARRAES, F. D. D., RAMOS, C. M. C., ARAÚJO JÚNIOR, G. N., JARDIM, A. M. R. F., SOUZA, L. S. B. Cactus–sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilisation can optimise water use in dry regions. **Science of The Total Environment**, v. 895, p. 165102, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165102>

SILVA, T. G., MIRANDA, K. R., SANTOS, D. C., QUEIROZ, M. G., SILVA, M. D. C., CRUZ NETO, J. F., ARAÚJO, J. E. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119032902024.pdf>. Acesso em: 8 set. 25

SIMIONI, T. A., GOMES, F. J., TEIXEIRA, U. H. G., FERNANDES, G. A., BOTINI, L. A., MOUSQUER, C. J., HOFFMANN, A. Potencialidade da consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 8, p.1551-1697, 2014. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/102675129/ca80d9e4effe696b553fe49dbf5be840-libre.pdf>. Acesso em: 8 set. 25

SINGH, P. K.; CHUDASAMA, H. Caminhos para adaptações de mudanças climáticas em regiões áridas e semiáridas. **Journal of cleaner production**, v. 284, p. 124744, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124744>

SOUZA, M. D. S., ARAÚJO JÚNIOR, G. D. N., JARDIM, A. M. D. R. F., SOUZA, C. A. A., PINHEIRO, A. G., DE SOUZA, L. S. B., SILVA, T. G. F. Improving productivity and water use efficiency by intercropping cactus and millet. **Irrigation and Drainage**, v. 72, n. 4, p. 982–998, 2023. <https://doi.org/10.1002/ird.2834>

SOUZA, M. D. S., JÚNIOR, G. D. N. A., SOUZA, L. S. B., JARDIM, A. M. D. R. F., SILVA, G. I. N., ARAÚJO, G. G. L., MACLAREN, C. Forage yield, competition and economic benefit of intercropping cactus and millet with mulch in a semi-arid environment. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 40, n. 2, p. 219-230, 2022.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido - 2021: Relatório Final**. Recife: SUDENE, 2021.

TERRA, A. B. C., FLORENTINO, L. A., REZENDE, A. V., SILVA, N. C. D. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias (Portugal)**, v.42, n. 2, p. 305-313, 2019. <http://10.19084/rca.16016>

## CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA DO CONSÓRCIO MIMOSA CAESALPINIIFOLIA-PALMA FORRAGEIRA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

### RESUMO

Regiões semiáridas, no Brasil e no mundo, são marcadas por alta variabilidade temporal da distribuição pluvial, elevadas temperaturas do ar diurnas, alta demanda atmosférica. Nesse contexto, o cultivo consorciado de espécies xerófilas como a palma forrageira e a sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) é alternativa para aumentar a eficiência produtiva. Hipotetizou-se que, as espécies *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira, em consórcio, otimizam o rendimento de fitomassa por área, promovem melhor aproveitamentos dos recursos naturais disponíveis, em comparação aos cultivos isolados, em condições semiáridas. Diante disso, objetivou-se avaliar as características agronômicas e o acúmulo de serrapilheira do *M. caesalpiniiifolia*-palma em ambiente semiárido. O experimento foi conduzido em sequeiro, entre junho de 2024 e setembro de 2025, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, no delineamento em blocos ao acaso, com três sistemas de cultivo: sabiá em monocultivo, palma forrageira em monocultivo e o consórcio sabiá-palma, com 10 repetições. Foram avaliadas características estruturais, produtivas, eficiência de utilização de água da chuva e acúmulo de serrapilheira. Não houve diferenças estatísticas das características estruturais em função dos sistemas de cultivo. Na leguminosa em monocultivo, as taxas de crescimento em altura e largura foram  $0,05 \text{ cm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$  e  $0,036 \text{ cm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ . O diâmetro do caule apresentou incremento de  $0,010 \text{ mm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ . Para a palma, aos  $2000 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$  o crescimento em altura e largura de planta foi de  $0,06$  e  $0,03 \text{ cm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ . O número total de cladódios aumentou  $0,010 \text{ un } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ , aos  $2000 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ . O rendimento em massa seca do consórcio foi 196,8% superior aos monocultivos da sabiá e da palma. O consórcio sabiá-palma forrageira é uma alternativa viável para diversificação de cultivos forrageiros em ambientes semiáridos, contribuindo para o maior aproveitamento dos recursos naturais locais, notadamente da água da chuva, sendo uma estratégia promissora para melhorar a eficiência produtiva e garantir a segurança alimentar animal em ambientes semiáridos.

**Palavras-chave:** Agricultura sustentável; leguminosa; forragem; *Opuntia*; sistemas de cultivo, sabiá.

## CHAPTER II - AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND LITTER ACCUMULATION IN *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA*–FORAGE CACTUS INTERCROPPING SYSTEMS UNDER SEMI-ARID CONDITIONS

### ABSTRACT

Semi-arid regions, both in Brazil and worldwide, are characterized by high temporal variability in rainfall distribution, elevated daytime air temperatures, and high atmospheric demand. In this context, intercropping xerophytic species such as forage cactus and sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) represents a viable strategy to enhance production efficiency. It was hypothesized that *M. caesalpiniiifolia* and forage cactus, when intercropped, optimize phytomass yield per unit area and improve the use of available natural resources compared to monocropping systems under semi-arid conditions. Accordingly, this study aimed to evaluate the agronomic characteristics and litter accumulation of *M. caesalpiniiifolia*–forage cactus intercropping systems under semi-arid conditions. The experiment was conducted under rainfed conditions from June 2024 to September 2025 at Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit, Pernambuco State, Brazil. The experimental design was a randomized complete block with three cropping systems: sabiá monocrop, forage cactus monocrop, and sabiá–cactus intercropping, with ten replicates. Structural and productive traits, rainwater-use efficiency, and litter accumulation were evaluated. No significant differences were observed in structural traits among cropping systems. In the legume monocrop, growth rates in height and canopy width were  $0.05 \text{ cm } ^\circ\text{C day}^{-1}$  and  $0.036 \text{ cm } ^\circ\text{C day}^{-1}$ , respectively, while stem diameter increased by  $0.010 \text{ mm } ^\circ\text{C day}^{-1}$ . For forage cactus, at  $2000 \text{ } ^\circ\text{C day}^{-1}$ , plant height and width increased by 0.06 and 0.03  $\text{cm } ^\circ\text{C day}^{-1}$ , respectively, and the total number of cladodes increased by  $0.010 \text{ units } ^\circ\text{C day}^{-1}$ . The dry matter yield of the intercropping system was 196.8% higher than that of the respective monocrops. The *M. caesalpiniiifolia*–forage cactus intercropping system is a viable alternative for diversifying forage production in semi-arid environments, contributing to improved use of local natural resources, particularly rainfall and representing a promising strategy to enhance productivity and ensure livestock feed security under semi-arid conditions.

**Keywords:** Sustainable agriculture; legume; forage; *Opuntia*; cropping systems; sabiá.

## 1. INTRODUÇÃO

Regiões semiáridas, no Brasil e no mundo, são marcadas por alta variabilidade temporal da distribuição pluvial, com chuvas intensas em curtos períodos de tempo (~500-800 mm ano<sup>-1</sup>), elevadas temperaturas do ar diurnas, alta demanda atmosférica (2000 mm ano<sup>-1</sup>) (Dubeux Junior *et al.*, 2013; Begizew, 2021; Côelho, 2023). Estes fatores comprometem a produção de forragem, e consequentemente, o balanço forrageiro anual, notadamente nos períodos de maior escassez hídrica (Leite *et al.*, 2014; Lira *et al.*, 2022). No Semiárido brasileiro, a pecuária é a atividade econômica mais expressiva, e representa menores riscos em relação à produção agrícola de sequeiro (Oliveira *et al.*, 2021). Desse modo, torna-se necessária a adoção de estratégias sustentáveis que favoreçam um maior aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, com incremento da oferta anual de forragem e maior eficiência dos sistemas produtivos (Bezerra *et al.*, 2022; Salvador *et al.*, 2024).

Nesse contexto a utilização de espécies forrageiras perenes persistentes ao déficit hídrico em consórcio é uma prática extremamente eficiente e necessária (Bezerra *et al.*, 2022). Pois, promove maior produção de alimentos por área (Salvador *et al.*, 2024), diversificação dos cultivos, melhoria dos atributos do solo, aumento no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (e.g. água, luz, nutrientes) e incremento na renda dos produtores (Jardim *et al.*, 2021; Begizew, 2021; Souza *et al.*, 2023).

Vários estudos exploraram o cultivo da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em consórcio com plantas como o sorgo (Jardim *et al.*, 2021), milho (Souza *et al.*, 2023), pornunça (Moura *et al.*, 2020) e até mesmo com espécies arbóreas da caatinga (Santos Neto *et al.*, 2023). A palma forrageira é uma cactácea amplamente empregada nos sistemas pecuários do Semiárido brasileiro, possuindo alta produtividade de fitomassa por área (Dubeux Junior *et al.*, 2021), elevada eficiência no uso de água e capacidade de armazenamento de água (Alves *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2023). Além disso, constitui importante fonte energética para a produção animal em razão dos altos teores de carboidratos, associados à elevada digestibilidade e aceitabilidade (Cirino Junior *et al.*, 2022).

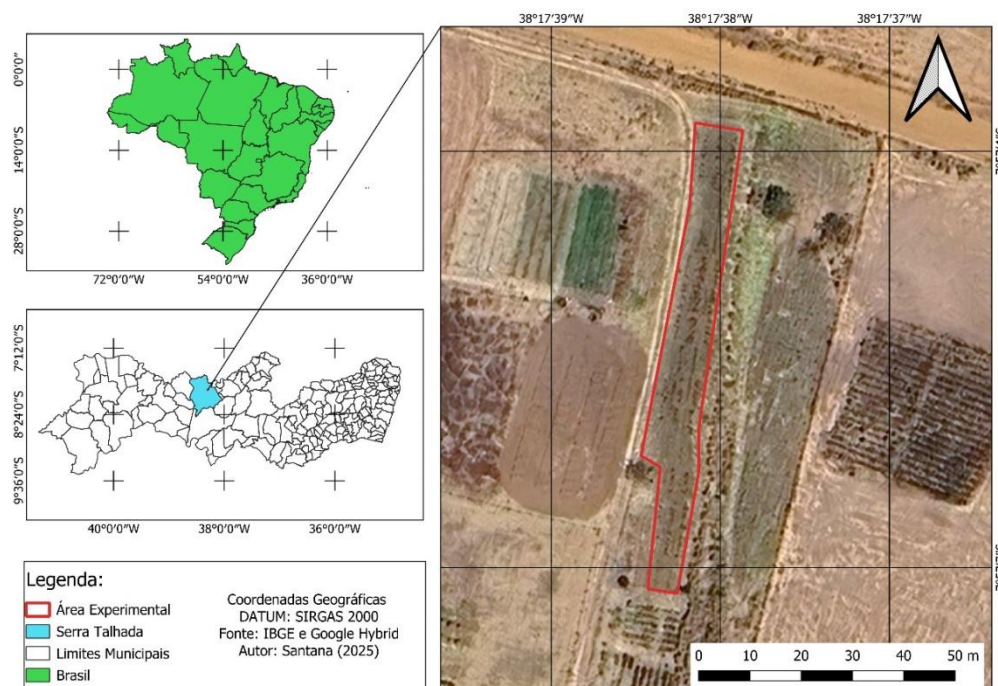
Outra espécie de grande relevância é a *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., conhecida popularmente como sabiá. Trata-se de uma leguminosa arbórea nativa da Caatinga, amplamente utilizada em sistemas silvipastoris, na produção de estacas e mourões, na formação de cercas vivas e na recuperação de áreas degradadas. Seus ramos, folhas e frutos possuem entre 17 a 20% de proteína bruta e 65 a 70% de fibras em detergente neutro (Santos *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2025). Possui elevada palatabilidade, crescimento acelerado, rebrota intensa e capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (Aviz *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2011). De acordo com Carvalho *et al.* (2004), o rebaixamento da copa da sabiá possibilitou o aproveitamento da forragem e produção de madeira. Por sua vez, Santos Neto *et al.* (2023), destacaram a importância e a escassez de estudos que elucidem os benefícios e desafios da associação da sabiá com outras espécies de plantas.

Apesar do potencial forrageiro de ambas as espécies citadas, ainda são incipientes os estudos que avaliam o desempenho agrônomo do consórcio sabiá e palma forrageira, sobretudo no que se refere aos efeitos sobre a estrutura da planta, o rendimento de forragem e a sustentabilidade do sistema de produção em ambiente semiárido. Sob a hipótese que as espécies *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira, em consórcio, otimizam o rendimento de fitomassa por área, promovem melhor aproveitamentos dos recursos naturais disponíveis (solo, água da chuva), em comparação aos cultivos isolados, em condições semiáridas. Diante disso, objetivou-se avaliar as características agrônomo e acúmulo de serrapilheira do consórcio *Mimosa caesalpiniiifolia*-palma forrageira em ambiente semiárido.

## 2. METODOLOGIA

### 2.2 Área de estudo

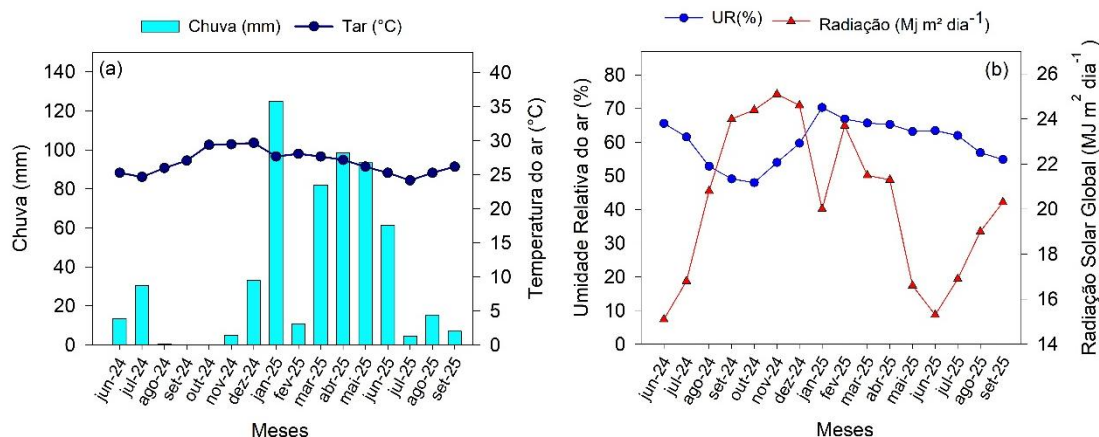
A pesquisa foi realizada entre junho de 2024 e setembro de 2025, na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE, Sertão do Pajeú, Brasil, 7° 59' 31" Sul; 38°17'54" Oeste e altitude de 429 m (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da área de estudo situada no município de Serra Talhada, Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil.

As séries históricas de dados climáticos do município de Serra Talhada (PE) registraram precipitação pluvial média anual, de aproximadamente, 642,1 mm, concentrada principalmente de janeiro a abril. A temperatura do ar média ao longo do ano é de 24,8 °C, com amplitude de 19,9 a 30,4 °C, a umidade relativa do ar média situa-se em 62,5% e a demanda atmosférica de cerca de 1.800 mm.ano<sup>-1</sup>, resultando em um déficit hídrico anual estimado em 1.143 mm.ano<sup>-1</sup> (Silva *et al.*, 2014). As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do ciclo das culturas, por meio de uma Estação Meteorológica Automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 100 m da área experimental (Figura 2).

Durante o período experimental foi quantificado um acúmulo de chuva de 579,7 mm, com uma maior concentração de chuvas nos meses de janeiro (124 mm), março (82 mm), abril (98,5 mm), maio (93 mm) e junho (61,3 mm) de 2025, esses valores somados correspondem a mais de 73 % de toda a chuva que caiu durante o período experimental. A temperatura média do ar foi de 26°C, com umidade relativa do ar acima de 60 % (Figura 2).



**Figura 2.** Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (junho de 2024 a setembro de 2025) em Serra Talhada-PE.

Para a caracterização dos atributos físicos e químicos do solo da área experimental, classificado como Cambissolo Háplico Típico Ta Eutrófico (Moura *et al.*, 2020), foram coletadas amostras nas camadas de 0–20 cm e 20–40 cm. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas e peneiradas em malha de 2,0 mm, sendo posteriormente encaminhadas ao laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco para análise (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos do solo da área experimental, Serra Talhada – PE

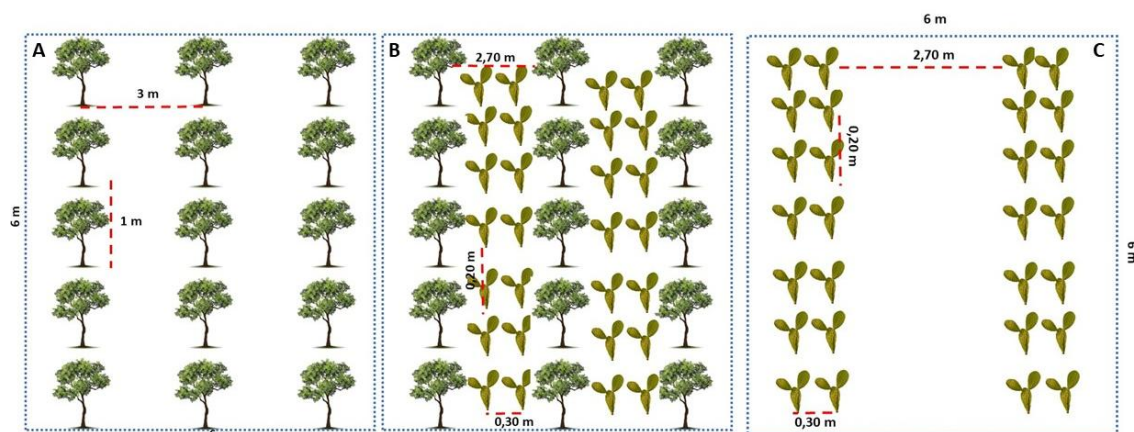
| Atributos físicos  |                                     |      |       |      |       |      |                                     |                             |       |        |               |       |      |
|--------------------|-------------------------------------|------|-------|------|-------|------|-------------------------------------|-----------------------------|-------|--------|---------------|-------|------|
| Camada             | DS                                  | DP   | PT    | AN   | GF    | AT   | AG                                  | AF                          | Silte | Argila |               |       |      |
| cm                 | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> |      | ----- | %    | ----- |      | -----                               | Composição granulométrica % |       |        |               | ----- |      |
| 0 -20              | 1,61                                | 2,53 | 36,26 | 4,32 | 59    | 73,6 | 44,5                                | 29,1                        | 15,9  | 10,5   |               |       |      |
| 20 – 40            | 1,66                                | 2,47 | 32,4  | 4,39 | 58,31 | 72,2 | 48,88                               | 23,34                       | 17,2  | 10,5   |               |       |      |
| Atributos químicos |                                     |      |       |      |       |      |                                     |                             |       |        |               |       |      |
| Camada             | P                                   |      | K     | Na   | Ca    | Mg   | H+Al                                | SB                          | CTC   | V      | PST           | MO    | RAS  |
| cm                 | mg.dm <sub>3</sub>                  | pH   | ----- |      |       |      | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | -----                       |       |        | ----- % ----- |       |      |
| 0 -20              | 380                                 | 7,1  | 0,88  | 0,11 | 1,2   | 0,1  | 1                                   | 2,29                        | 3,29  | 69,6   | 3,34          | 1,24  | 0,14 |
| 20 - 40            | 380                                 | 7,1  | 0,68  | 0,27 | 1,3   | 0,3  | 1                                   | 2,55                        | 2,55  | 71,8   | 7,6           | 0,88  | 0,3  |

DS = Densidade do solo; DP = Densidade de partícula; PT = Porosidade total; AN = Areia natural; GF = Grau de flocculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina. SB = Soma de base = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = Capacidade de troca catiônica - CTC = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>); V = Saturação por base = (SB/CTC) x 100; H+Al = Alumínio trocável; M.O = matéria orgânica; RAS - razão de adsorção ele sódio = Na<sup>+</sup>/[(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)/2]<sup>1/2</sup>; PST - percentagem de sódio trocável, PST = (Na<sup>+</sup> /CTC) x 100.

## 2.2 Design e tratamentos experimentais

O ensaio foi instalado utilizando o delineamento em blocos ao acaso, com três sistemas de cultivo: sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) em monocultivo, palma forrageira

(*Opuntia stricta* (Haw) Haw, clone Orelha de Elefante Mexicana) em monocultivo e consórcio sábia-palma, com 10 repetições. A unidade experimental (6 x 6 m) foi composta por três fileiras de sábia com cinco plantas por fileira, perfazendo quinze plantas por unidade experimental. O espaçamento adotado na cultura da sábia foi de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas na linha, correspondendo a uma densidade populacional de 3.333 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 3). O espaçamento adotado na palma, em fileira dupla, foi de 2,70 m entre linhas, 0,3 m no espaçamento da fileira dupla e 0,2 m entre plantas (densidade populacional de 33.333 plantas ha<sup>-1</sup>), com 60 plantas por fileira, perfazendo 120 plantas por unidade experimental. No consórcio sábia-palma, o arranjo foi implantado com uma fileira dupla de palma forrageira na entrelinha de duas fileiras de sábia, mantendo os mesmos espaçamentos do monocultivo das duas espécies (3.333 plantas de sábia ha<sup>-1</sup> + 33.333 plantas de palma ha<sup>-1</sup>). O estudo abrangeu um ciclo da sábia (450 dias após o transplante) e um ciclo da palma forrageira (450 dias após o plantio).



**Figura 3.** Esquema representativo dos tratamentos sábia em monocultivo (A), sábia consorciada com palma forrageira (B) e palma forrageira em monocultivo (C).

### 2.3 Procedimentos de condução experimental

Em março de 2024, o solo foi preparado de maneira convencional, com uma aração e uma gradagem. As culturas foram conduzidas sob condições de precipitação natural, em sistema de sequeiro, sem irrigação suplementar. Quando necessário, foi realizado uma capina manual para controle das plantas invasoras na área experimental, a fim de evitar interferências nos resultados.

As sementes de sábia foram provenientes de cinco árvores matrizes adultas situadas na UFRPE-UAST, respeitando-se um afastamento superior a 30 metros entre cada indivíduo.

Após a coleta, realizou-se a remoção manual das vagens que envolviam as sementes, conforme descrito por Passos, Tavares e Alves (2007). Posteriormente, optou-se pela triagem, mantendo apenas as sementes com aspecto fisiologicamente adequado, descartando aquelas com sinais de injúrias mecânicas ou fitopatológicas (Figura 4). Para superação de dormência das sementes foi utilizado o método de imersão em água quente a 80 °C com resfriamento em temperatura ambiente.



**Figura 4.** Sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) com (A) e sem envoltório (B).

O substrato destinado à germinação das sementes foi formulado na proporção de 2:1:1, correspondendo a 50% de solo, 25% de esterco bovino decomposto e 25% de areia lavada. Uma amostra composta do substrato foi encaminhada para análise química (Tabela 2) no Laboratório Plant Soil, localizado em Petrolina, PE.

**Tabela 2.** Atributos químicos do substrato utilizado para o semeio de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia*, após superação de dormência. Serra Talhada, 2024

| Atributos químicos  |                |                                    |      |                  |                  |      |      |      |      |       |      |
|---------------------|----------------|------------------------------------|------|------------------|------------------|------|------|------|------|-------|------|
| P                   | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup>                    | RAS  | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | H+Al | SB   | CTC  | V    | PST   | MO   |
| mg dm <sup>-3</sup> | pH             | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |                  |                  |      |      | %    |      |       |      |
| 212,9               | 7,46           | 2,00                               | 0,91 | 0,38             | 1,20             | 2,59 | 0,02 | 9,30 | 9,32 | 99,79 | 3,51 |

pH: Potencial hidrogeniônico; K<sup>+</sup>: Potássio; Ca<sup>2+</sup>: Cálcio; P: Fósforo; Na<sup>+</sup>: Sódio; Mg<sup>2+</sup>: Magnésio; SB = Soma base = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = Capacidade de troca catiônica - CTC = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>); V = Saturação por base = (SB/CTC) × 100; H + Al = Alumínio trocável; MO = matéria orgânica; RAS - razão de adsorção de sódio = Na<sup>+</sup>/[(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>)/2]<sup>1/2</sup>; PST - percentual de sódio trocável, PST = (Na<sup>+</sup>/CTC) × 100.

Após o preparo, o material foi distribuído em bandejas plásticas, constituídas por células independentes com capacidade volumétrica de 136 cm<sup>3</sup> (Figura 5).



**Figura 5.** Bandejas plásticas com o substrato para o semeio das sementes de sabiá.

Após 71 dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para sacos de polietileno com capacidade volumétrica de 448 cm<sup>3</sup>, para aclimação e melhor crescimento do sistema radicular (Figura 6). As mudas foram transplantadas para o campo após 21 dias de aclimação, com altura superior a 30 cm. As covas de plantio foram preparadas com largura, comprimento e profundidade de 30 cm (30 x 30 x 30 cm).



**Figura 6.** Mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) em crescimento nas bandejas (A) e no saco plástico (B), no momento do transplante.

Os cladódios sementes de palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana foram provenientes de palmal localizado na área da UFRPE-UAST. O plantio foi realizado em

sulco, em abril de 2024, após a cura dos cladódios, os quais permaneceram por 10 dias à sombra para assegurar adequada cicatrização (Sá Teles *et al.*, 2024). Em seguida, procedeu-se ao plantio com a inserção de um cladódio por cova, disposto na posição vertical, em profundidade suficiente para que aproximadamente metade de sua estrutura permanecesse enterrada. Na escolha dos cladódios para o plantio, foram considerados critérios básicos, como aparência do cladódio, ausência de infestação/ataque de pragas ou doenças e alto acúmulo de reservas (cladódio não muito jovem).



**Figura 7.** Plantio de palma forrageira.

#### 2.4 Coleta de dados estruturais

Na sabiá, foram avaliadas a cada 30 dias, em duas plantas da fileira central de cada unidade experimental, as seguintes características estruturais: altura de planta (cm; da base ao ápice da planta), largura de copa (cm; médias tomadas de duas extremidades laterais da copa), diâmetro do caule (cm; medida tomada a 5 cm do solo) e número de ramos (unidades por planta). As medidas foram realizadas com o auxílio de paquímetro digital e trena.

Para a palma forrageira, foram avaliadas mensalmente as características estruturais dos cladódios e das plantas, incluindo altura de planta (cm, medida da superfície do solo à extremidade superior do cladódio mais alto), largura de planta (cm, maior distância horizontal entre cladódios), número total de cladódios e número de cladódios por ordem. As

medições foram realizadas com o uso de paquímetro digital, trena e régua milimétrica. A área de cladódio foi determinada conforme Silva *et al.* (2014).

## 2.5 Dinâmica de crescimento das espécies

A dinâmica de crescimento da palma forrageira e da *M. caesalpinifolia* foi analisada em função do acúmulo térmico ao longo do período experimental. Para isso, os dados biométricos coletados durante as avaliações foram relacionados aos graus-dia acumulados (GDA), estimados a partir da temperatura média do ar e das temperaturas base da palma forrageira (22°C) (Souza *et al.*, 2022) e da *M. caesalpinifolia* (12°C) (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018).

Os dados biométricos foram submetidos à análise de regressão utilizando os GDA como variável independente. Diferentes modelos matemáticos foram testados, sendo selecionado aquele que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, considerando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a significância estatística dos parâmetros do modelo ao nível de 5% de probabilidade.

Entre os modelos avaliados, o modelo polinomial de segundo grau apresentou melhor desempenho para descrever o crescimento das espécies ao longo do período experimental, sendo utilizado para representar a relação entre as variáveis biométricas e o acúmulo térmico.

A partir dos parâmetros estimados do modelo ajustado, foi realizada a derivação da equação em relação aos GDA, permitindo a obtenção da função utilizada para descrever a taxa de crescimento das espécies ao longo do ciclo de crescimento.

## 2.6 Rendimento de fitomassa

Aos 450 dias após o transplântio da *M. caesalpinifolia*, realizou-se o corte da sabiá, visando estimar a disponibilidade de fitomassa da parte aérea, correspondente à fração composta por folhas e ramos herbáceos potencialmente acessíveis aos animais. Em cada parcela, foram selecionadas aleatoriamente duas plantas, correspondentes a um metro linear. Em seguida, realizou-se a coleta de todo o material vegetal até a altura de 1,0 m acima do nível do solo. Os procedimentos adotados foram adaptados da metodologia de Carvalho *et al.* (2004).

Aos 450 dias após o plantio, foram colhidas cinco plantas de palma forrageira, correspondentes a um metro linear da porção central da fileira de cada unidade experimental.

Todos os cladódios primários foram preservados para a determinação da massa fresca e da massa seca por planta. As plantas foram pesadas individualmente, com auxílio de balança eletrônica, obtendo-se o peso total, por planta e por parcela.

Foi selecionado um cladódio do terço médio de cada planta avaliada, logo após, os cladódios foram fracionados em pequenas partes para facilitar a perda de água, e por fim foram separadas amostras de, aproximadamente, 600 g em cada tratamento. Em seguida foi determinado o teor de massa seca da palma forrageira, por meio de secagem do material em sacos de papel kraft identificados, conduzidos a uma estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante (Cirino Junior *et al.*, 2022).

A produção individual de massa fresca (PMF) por hectare da *M. caesalpiniiifolia* e da palma forrageira foi determinada pelo produto entre a produção por metro linear e a quantidade de metros lineares em um hectare de cada espécie. A produção de massa seca (PMS) das duas culturas foi calculada multiplicando-se a PMF pelo teor de matéria seca (MS). A produção de massa fresca e seca do consórcio foi determinada com base no somatório das produções individuais das duas culturas no consórcio.

## 2.7 Acúmulo de serrapilheira

Para amostragem da serrapilheira foram utilizadas duas bandejas de PVC, de 1,0 m<sup>2</sup>, dispostas aleatoriamente em cada unidade experimental. Em cada bandeja, a quantidade total de serrapilheira existente foi coletada aos 450 dias. Para determinação da biomassa seca, o material coletado foi acondicionado em sacos de papel e colocado pra secar em estufas de circulação forçada de ar, com temperatura de 65 °C, até atingirem massa constante (Carvalho *et al.*, 2022).

## 2.8 Eficiência do uso da água da chuva

A produtividade hídrica da *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira em função do sistema de cultivo foi obtida dividindo-se a produção de massa seca de cada espécie pela quantidade de chuva precipitada na área experimental no período de avaliação (Karam *et al.*, 2007).

## 2.9 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro–Wilk e homoscedasticidade de Oneill e Mathews. Para avaliar especificamente o efeito do arranjo

de cultivo sobre a espécie, foram realizadas comparações pareadas entre o monocultivo e o cultivo em consórcio por meio do test t de Student, considerando nível de significância de 5%. Essa análise foi aplicada às variáveis relacionadas às características estruturais das plantas, rendimento de serrapilheira e eficiência do uso de água da chuva. Adicionalmente, para a comparação simultânea entre os diferentes sistemas de cultivo avaliados (monocultivos e consórcio), os dados foram submetidos à ANOVA e, quando constatado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram organizados em planilha Excel, as análises estatísticas foram realizadas pelo software R, versão 4.3.1 utilizando-se o pacote ExpDes.pt.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Características estruturais de *M. caesalpiniiifolia*

Não houve diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) das características estruturais da *M. caesalpiniiifolia* (Mc) em função dos sistemas de cultivo (Tabela 3). As médias de altura de planta, largura de copa, diâmetro de caule e número de ramos da Mc foram 255,5 cm, 230,5 cm, 32,5 mm e 5,2 unidades, respectivamente (Tabela 3).

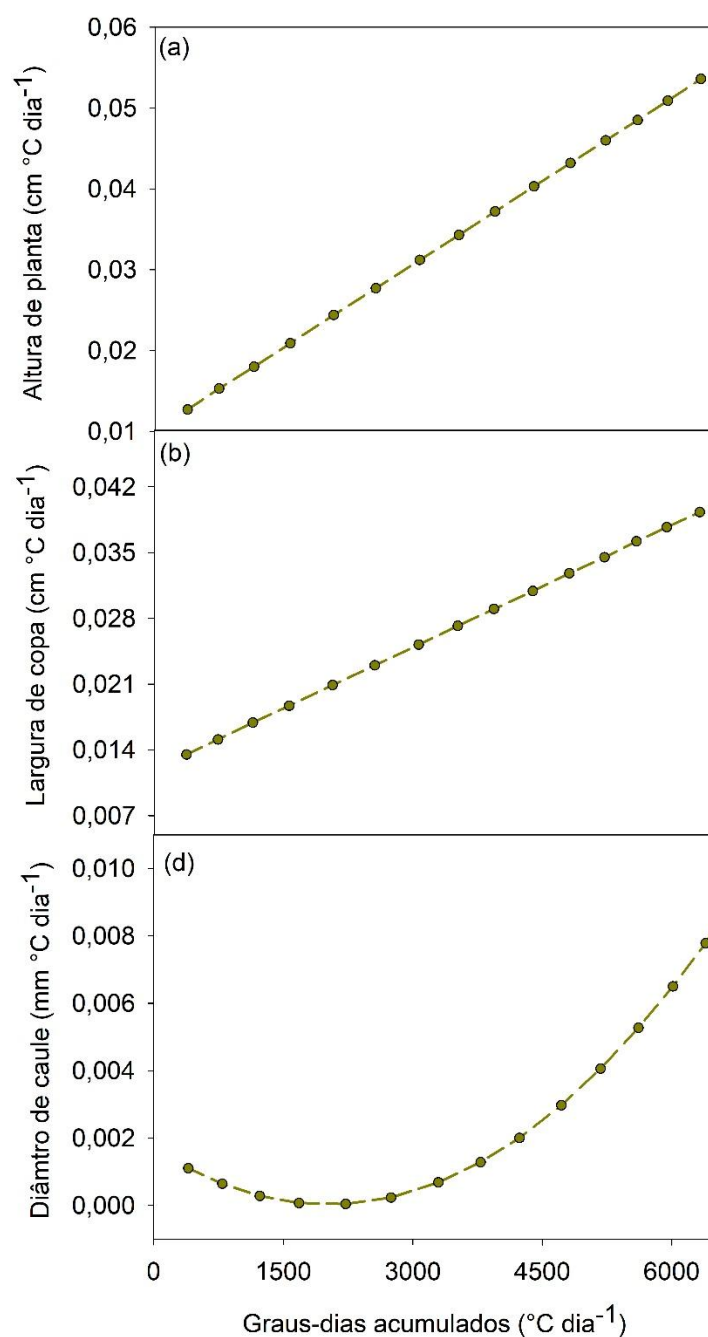
**Tabela 3.** Características estruturais de *Mimosa caesalpiniiifolia* (Mc) em monocultivo e consorciada com palma forrageira (Mc-P), aos 450 dias após o transplântio

| Variáveis | Unidade | Sistemas de cultivo |        | p - valor |
|-----------|---------|---------------------|--------|-----------|
|           |         | Mc                  | Mc-P   |           |
| AP        | cm      | 268ns               | 243ns  | 0,495     |
| LC        | cm      | 245ns               | 216ns  | 0,298     |
| DC        | mm      | 34,8ns              | 30,3ns | 0,106     |
| NR        | un      | 4,9ns               | 5,5ns  | 0,426     |

AP: Altura de planta, LC: largura de copa, DC: diâmetro de caule, NR: número de ramos. ns: valores não significativos pelo teste de t a 5% de probabilidade.

Verificou-se crescimento linear da altura e largura de planta de *M. caesalpiniiifolia* em função da acumulação térmica (Figura 8). Observa-se que o crescimento em altura e largura de planta não demonstraram indicativo de fase de desaceleração no período avaliado. A taxa de crescimento em altura foi de 0,05 cm °C dia<sup>-1</sup> (Figura 8a), ao passo que a copa se

expandiu a uma taxa de  $0,036 \text{ cm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$  (Figura 8b). O diâmetro do caule apresentou taxa de expansão lenta no início, com expansão acelerada a partir dos  $2000 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ , com um incremento de  $0,010 \text{ mm } ^\circ\text{C dia}^{-1}$  (Figura 8c).



**Figura 8.** Evolução das características estruturais de *Mimosa caesalpinifolia* em função dos graus-dia acumulados (GDA). (a) altura de planta, (b) largura de copa e (c) diâmetro de caule.

### 3.2 Características estruturais da palma forrageira

Não foram observadas diferenças significativas para as características estruturais da palma forrageira em função dos sistemas de cultivo (Tabela 4). A altura de planta foi superior a 85 cm, a largura de planta atingiu aproximadamente 66,95 cm. Em média as plantas apresentaram, mas de três cladódios primários, mais de seis cladódios secundários, e mais de 13 cladódios totais (Tabela 4).

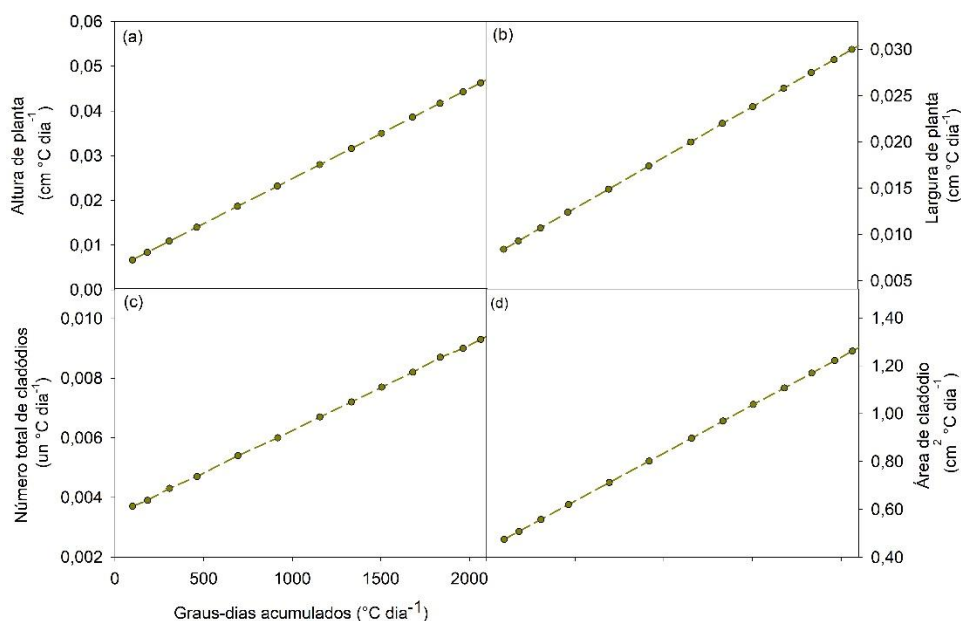
**Tabela 4.** Características estruturais da palma forrageira em monocultivo (P) e consorciada com *Mimosa caesalpiniiifolia* (P-Mc), aos 450 dias após o plantio

| Variáveis       | Unidade | Sistemas de cultivo |        | p - valor |
|-----------------|---------|---------------------|--------|-----------|
|                 |         | P                   | P-Mc   |           |
| AP              | cm      | 86,4ns              | 88,3ns | 0,837     |
| LP              | cm      | 74,5ns              | 59,4ns | 0,351     |
| NC <sub>p</sub> | un      | 3,38ns              | 3,91ns | 0,514     |
| NC <sub>s</sub> | un      | 6,88ns              | 6,3ns  | 0,782     |
| NC <sub>t</sub> | un      | 3,38ns              | 8,88ns | 0,421     |
| NCT             | un      | 17,7ns              | 13,9ns | 0,556     |

AP: Altura de planta, LP: largura de copa, NC<sub>p</sub>: número de cladódios primários, NC<sub>s</sub>: número de cladódios secundários, NC<sub>t</sub>: número de cladódios terciários, NCT: número de cladódios totais.

\*Valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de t a 5% de probabilidade.

O crescimento da palma forrageira apresentou comportamento linear à medida que os GDA se acumularam (Figura 9). Aos 2000 °C dia<sup>-1</sup> o crescimento em altura e largura de planta aumentou em ritmo acelerado, o primeiro com uma taxa de 0,06 cm °C dia<sup>-1</sup> (Figura 9a), o segundo a 0,03 cm °C dia<sup>-1</sup> (Figura 9b). O número total de cladódios aumentou de forma linear, com o aparecimento de 0,010 un °C dia<sup>-1</sup>, aos 2000 °C dia<sup>-1</sup> (Figura 9c). Por fim, com o aumento linear do número total de cladódios houve aumento da área de cladódio, cerca de 1,3 cm<sup>2</sup> °C dia<sup>-1</sup> (Figura 9d).



**Figura 9.** Evolução das características estruturais da palma forrageira em função dos graus-dia acumulados (GDA).

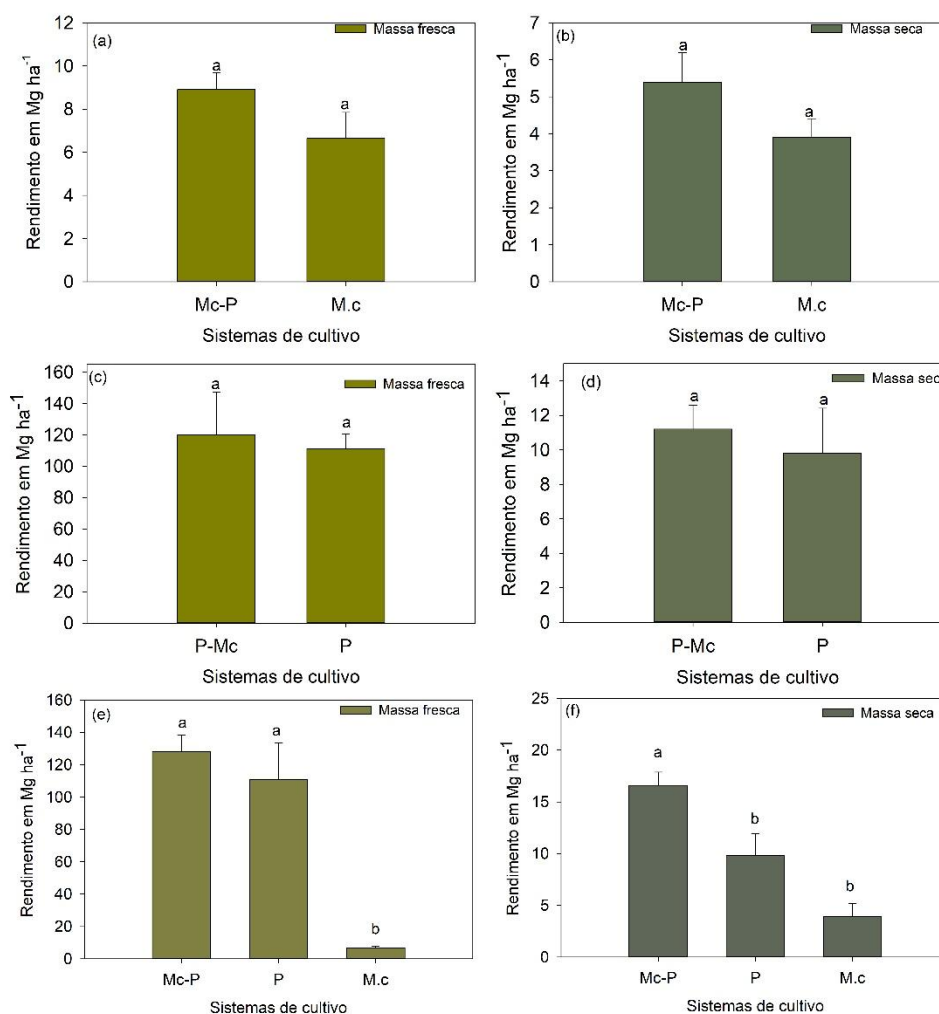
(a) altura de planta, (b) largura de planta, (c) número total de cladódios e (d) área de cladódio.

### 3.3 Rendimento de fitomassa

O rendimento de massa fresca (RMF) e seca (RMS) de *M. caesalpiniiifolia* não diferiu entre o consórcio (Mc-P) e o monocultivo (Mc) (Figura 10a, b). A sabiá consorciada (Mc-P) produziu cerca de 8,91 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto o monocultivo rendeu 6,65 Mg ha<sup>-1</sup> de massa fresca (Figura 10a). Em massa seca, os rendimentos foram de 5,4 Mg ha<sup>-1</sup> e 3,91 Mg ha<sup>-1</sup> no consórcio e monocultivo, respectivamente (Figura 10b).

O rendimento da palma forrageira no consórcio (P-Mc) e no monocultivo (P), não diferiu estatisticamente (Figura 10c, d). O rendimento da palma consorciada de 120 (RMF) e 111 Mg ha<sup>-1</sup> (RMS) e 111 (RMS) e 9,81 Mg ha<sup>-1</sup> no monocultivo (Figura 10c, d).

O rendimento total massa fresca do consórcio (Mc + P) e da palma em monocultivo (P) não diferiram entre si, mas foram superiores ao rendimento do monocultivo da *M. caesalpiniiifolia* (Mc) (Figura 10e). Em termos de massa seca, o consórcio obteve um rendimento 69,21% e 324,5% superior aos monocultivos da palma forrageira e da leguminosa, respectivamente (Figura 10f).

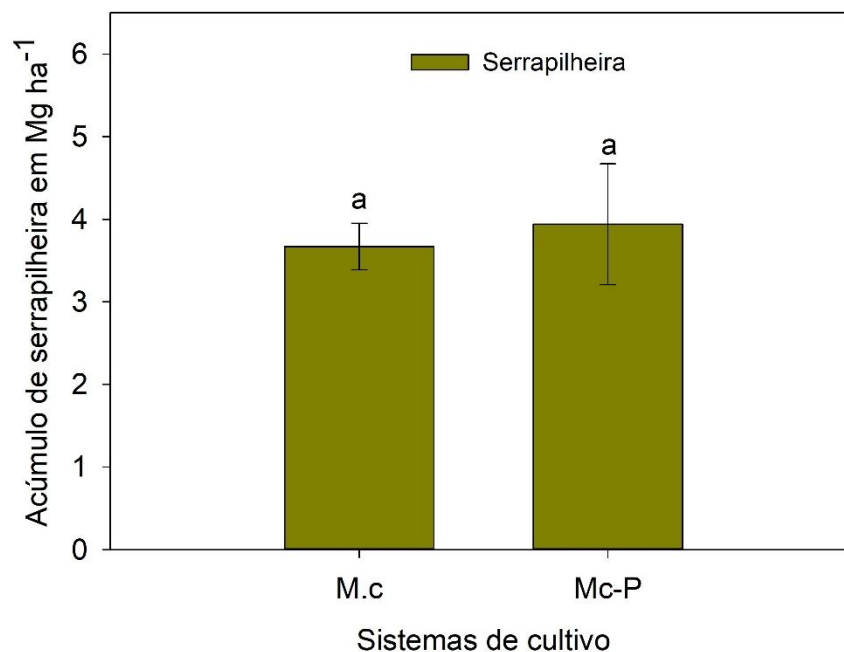


**Figura 10.** Rendimento em massa fresca (a, c, e) e massa seca (b, d, f) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da *Mimosa caesalpiniiifolia* (Mc) aos 450 dias após o transplantio e palma forrageira (P) 450 dias após o plantio, em monocultivo e consórcio (Mc-P).

Nos painéis (a) e (b), compara-se o sistema consorciado (Mc-P) com o monocultivo de *M. caesalpiniiifolia* (M.c); em (c) e (d), o consórcio (P-Mc) com o monocultivo de palma (P); e em (e) e (f), a comparação conjunta entre os sistemas Mc-P, P e Mc. Barras representam a média  $\pm$  erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student a 0,05.

### 3.4 Acúmulo de serrapilheira

O acúmulo de serrapilheira aos 450 dias após o transplantio da *M. caesalpiniiifolia* não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo (Figura 11). Os acúmulos de serrapilheira da sabiá foram de 3,67  $\text{Mg ha}^{-1}$  no monocultivo e 3,94  $\text{Mg ha}^{-1}$  no consórcio com a palma.

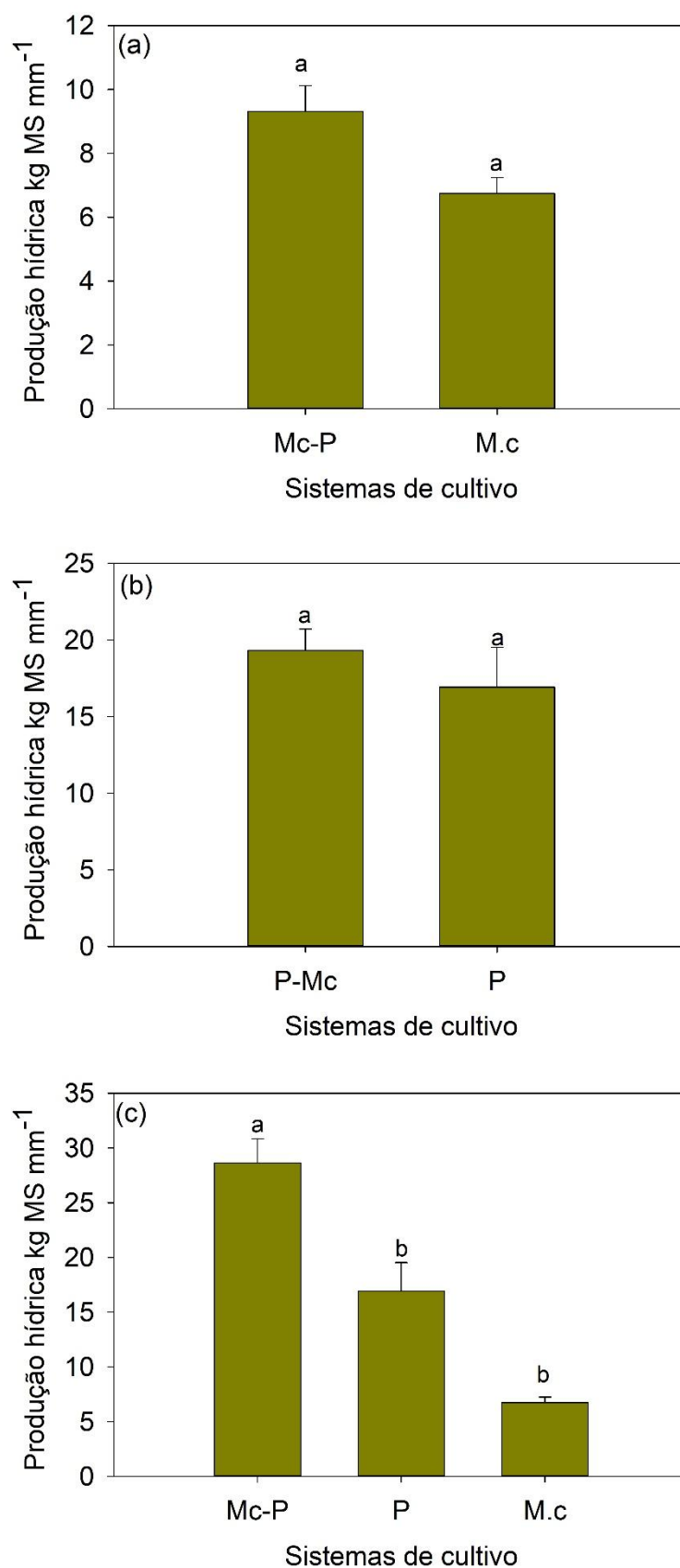


**Figura 11.** Acúmulo de serrapilheira (Mg ha<sup>-1</sup>) em sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpiniiifolia* (Mc) aos 450 dias após o transplântio em monocultivo e em consórcio com palma forrageira (Mc-P).

Barras representam a média  $\pm$  erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student a 0,05.

### 3.5 Eficiência do uso de água da chuva

Na Figura 12 é apresentada a eficiência do uso de água da chuva (EUAC) pela *M. caesalpiniiifolia* e da palma forrageira em diferentes sistemas de cultivo. Os sistemas de cultivo de *M. caesalpiniiifolia* apresentaram uma EUAC de 9,3 kg MS mm<sup>-1</sup> (consórcio) e 6,7 kg MS mm<sup>-1</sup> (monocultivo), não diferindo estatisticamente entre si (Figura 12a). Na palma forrageira consorciada e em monocultivo os valores foram de 19,3 e 16,9 kg MS mm<sup>-1</sup>, respectivamente, não diferindo entre si (Figura 12b). Por fim, comparando os sistemas conjuntamente o consórcio (Mc-P= 28,63 kg MS mm<sup>-1</sup>) apresentou uma maior EUAC, cerca de 69,2% a mais em comparação ao monocultivo da palma (P= 16,92 kg MS mm<sup>-1</sup>) e 324,7% em relação ao monocultivo da *M. caesalpiniiifolia* (Mc=6,74 kg MS mm<sup>-1</sup>) (Figura 12c).



**Figura 12.** Eficiência do uso de água da chuva (EUAC, kg MS mm<sup>-1</sup>) em sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpinifolia* (Mc) em monocultivo, palma forrageira em monocultivo (P) e no consórcio (Mc-P).

(a): EUAC da *Mimosa caesalpinhiifolia* no consórcio (Mc-P) e em monocultivo (M.c); (b) EUAC da palma no consórcio (Mc-P) e em monocultivo (P); (c) EUAC da *M. caesalpinhiifolia* + palma no consórcio (Mc-P), palma em monocultivo (P) *M. caesalpinhiifolia* em monocultivo (Mc).

Barras representam a média  $\pm$  erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student a 0,05.

## 4. DISCUSSÃO

O cultivo consorciado busca ser uma configuração ecológica e de longo prazo, ou seja, sustentável (Souza *et al.*, 2022). Por se tratar de cultivo de duas ou mais culturas no mesmo espaço-tempo, ocorre um maior aproveitamento do solo e dos recursos naturais disponíveis (Bezerra *et al.*, 2022). Dessa maneira, ocorre aumento da eficiência do uso da água, otimização do crescimento e um aumento do rendimento das culturas (Qiu *et al.*, 2025). Entretanto, é inevitável que ocorra interações interespecíficas como a competição e a complementariedade, no qual, os efeitos da competição tendem a ser mais evidentes em condições de recursos naturais limitados (Jardim *et al.*, 2021). Sendo assim, observar a dinâmica de crescimento das plantas em consórcio, tem impacto direto no rendimento final do sistema.

### 4.1 Características estruturais e dinâmica de crescimento

No presente estudo não foram observadas diferenças significativas na dinâmica de crescimento da *M. caesalpinhiifolia* do consórcio para o monocultivo. A leguminosa manteve crescimento acelerado e praticamente linear ao longo do período experimental. Em ambiente semiárido, e principalmente em cultivo de sequeiro, a disponibilidade hídrica é fator chave para todos os processos fisiológicos da planta (Salvador *et al.*, 2024). Uma redução da sua disponibilidade aumenta a competição entre as culturas no consórcio inibindo o crescimento das espécies (Qiu *et al.*, 2025). A *M. caesalpinhiifolia* é uma espécie de grande adaptabilidade, tendo seu crescimento favorecido em faixas de chuva que vão de 315 a 2400 mm, apresentando temperatura basal em torno de 12°C (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018). Segundo Salvador *et al.* (2022) a palma forrageira necessita de um regime hídrico anual entre 368 a 800 mm, temperaturas do ar inferiores a 35°C, e umidades relativa acima dos 40%.

Durante a condução experimental o acumulado de chuvas foi acima dos 560 mm e a temperatura média do ar 26 °C (Figura 2). Assim, as condições climáticas do período experimental foram adequadas ao cultivo das espécies avaliadas (sabiá e palma), isso possivelmente atenuou os efeitos da competição interespecífica. Tal fato explica a ausência de efeitos do consórcio e o crescimento acelerado e linear.

A palma forrageira apresentou dinâmica de crescimento linear com o acúmulo dos graus-dias, mantendo um ritmo de crescimento acelerado. Por ser uma cactácea, seu crescimento tende a ser favorecido em ambientes com maior incidência de radiação solar (Jardim *et al.*, 2021; Dubeux Júnior *et al.*, 2021). Dessa forma, o sombreamento da sabiá poderia ter ocasionado diversos efeitos sob a estrutura da palma. Porém, os resultados dessa pesquisa indicaram que não houve diferença entre a palma em consórcio com a sabiá e em monocultivo. Fatores como a disponibilidade hídrica e espaçamento entre fileiras podem ter contribuído para atenuar os efeitos da competição interespecífica do consórcio, isso explica os resultados verificados (Qiu *et al.*, 2025).

Moura *et al.* (2020) não constatarem diferença nas características estruturais (altura de planta e número total de cladódio) de palma forrageira solteira e consorciada com a euforbiácea pornunça (*Manihot glaziovii* x *Manihot esculenta*), nas mesmas condições edafoclimáticas da presente pesquisa, ou seja, o sombreamento promovido pela pornunça também não impactou negativamente no crescimento da palma. Os autores indicaram a viabilidade agrônômica e vantagens do consórcio palma forrageira com a pornunça.

Dubeux Junior *et al.* (2021) relataram durante os períodos secos do ano haver uma redução na matéria orgânica da palma e um maior acúmulo de Ca no ambiente apoplástico. Esse fenômeno altera a abertura e fechamento estomático levando ao desregulamento de processos como captação de CO<sub>2</sub>, transpiração e respiração da planta. Tudo isso afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento da palma forrageira.

Estudos como o de Santos Neto *et al.* (2023), apontaram ser necessário um sombreamento acima de 30% para ocorrer interferência negativa na altura de planta e produção total de biomassa da palma forrageira, embora os autores indiquem que entre 30% e 18%, sistemas com cobertura arbórea podem ser adotados sem que ocorra prejuízos das características estruturais e produtivas. Qiu *et al.* (2025) relataram que o sombreamento pode reduzir a taxa de transpiração das culturas, isso contribui para a melhoria no uso da água e reduz o microclima do cultivo. Moura *et al.* (2020) não constatarem diferença na altura de planta e número total de cladódio de palma forrageira solteira e consorciada com a

euforbiácea pornunça (*Manihot glaziovii* x *Manihot esculenta*), nas mesmas condições edafoclimáticas da presente pesquisa, ou seja, o sombreamento promovido pela pornunça também não impactou negativamente no crescimento da palma. Os autores indicaram a viabilidade agronômica e vantagens da associação de palma com a pornunça.

Não foi observado efeito significativo no que se diz respeito a área de cladódio primário, secundário e no índice de área de cladódio. Isso ocorre, pois geralmente a maneira como a cactácea cresce sofre mais efeitos devido aos fatores sazonais do que ao manejo propriamente dito (Souza *et al.*, 2022). Os parâmetros morfológicos da palma forrageira são extremamente importantes, pois segundo Souza *et al.* (2022) as características estruturais estão diretamente ligadas a produtividade da palma.

#### 4.2 Rendimento forrageiro dos sistemas

Ao se cultivar diferentes espécies de plantas em uma mesma área é esperado uma queda de rendimento individual das plantas, embora o consórcio promova um aumento no rendimento forrageiro por área, devido a complementariedade das produtividades de ambas as espécies (Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022; Salvador *et al.*, 2024). Jardim *et al.* (2021), avaliaram os efeitos do consórcio palma-sorgo em ambiente semiárido, encontrando os seguintes rendimentos médios de massa fresca de 274 e 154, 86 Mg ha<sup>-1</sup> e massa seca de 49,02 e 5,81 Mg ha<sup>-1</sup> no consórcio palma-sorgo em comparação ao monocultivo da palma, respectivamente, evidenciando a vantagem produtiva do consórcio.

A palma atingiu rendimentos em massa fresca de 120 Mg ha<sup>-1</sup> no consórcio (P-Mc) e 111 Mg ha<sup>-1</sup> em monocultivo (P), em massa seca os rendimentos foram de 11,2 e 9,81 Mg ha<sup>-1</sup>, nos cultivos consorciado e solteiro, respectivamente. Os rendimentos encontrados foram inferiores aos encontrados na literatura, porém, vale ressaltar esse foi o primeiro ciclo de colheita da palma, reforçando também que essa colheita foi realizada aos 450 dias após o plantio. Observou-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos, não havendo diferença no rendimento forrageiro da palma em monocultivo quando comparada com a palma consorciada com a sabiá (Figura 8).

Segundo Silva *et al.* (2025), a produção de fitomassa da *M. caesalpinifolia* varia de acordo com a época do ano e manejo adotado, esses autores encontraram valores próximos a 2,839 Mg MS ha<sup>-1</sup>. O rendimento encontrado por Carvalho *et al.* (2004) variou ao longo do tempo, na metade do período chuvoso os autores quantificaram 0,36 Mg MS ha<sup>-1</sup>, e ao final do período seco não havia massa de forragem disponível. Os valores de massa seca

encontrados no presente estudo foram 3,91 Mg MS ha<sup>-1</sup> para *M. caesalpinifolia* em monocultivo e 5,4 Mg MS ha<sup>-1</sup> no consórcio Mg MS ha<sup>-1</sup>. Valores esses que foram superiores aos encontrados na literatura. A sabiá foi colhida aos 450 DAT, em uma idade considerada precoce e ainda assim manteve uma produção satisfatória. Isso se deve ao fato de que não foi realizado desbastes dos fustes, o que conseqüentemente, eleva a produção de fitomassa da planta, mas pode reduzir o volume de madeira (Reis *et al.*, 2023).

O consórcio apresentou maior rendimento de massa seca em relação aos monocultivos da palma e de *M. caesalpinifolia*. Isso demonstra existir uma complementariedade entre essas duas espécies. Um resultado importante, pois a diversificação da produção é um fator positivo e que justifica a adoção desse sistema, ao passo que existem maiores benefícios para as condições edáficas (físicas, químicas e biológicas), melhoria do microclima do cultivo (redução da temperatura) e maior aproveitamento dos recursos disponíveis, principalmente da água (Jardim *et al.*, 2021; Begizew, 2021; Souza *et al.*, 2023).

#### 4.3 Acúmulo de serrapilheira

Em relação à deposição de serrapilheira por parte da *M. caesalpinifolia*, não foi constatada diferença entre o monocultivo e o consórcio, uma vez que o acúmulo desse componente no solo em vegetação de caatinga está ligado à época do ano (Silva *et al.*, 2025). Lima *et al.* (2021) quantificaram o acúmulo de serrapilheira em diferentes extratos de caatinga, reportando uma deposição de biomassa acima do solo em torno 7,014 Mg MS ha<sup>-1</sup> de forragem durante o período seco. Silva *et al.* (2025), quantificaram aproximadamente 2,08 Mg MS ha<sup>-1</sup> de serrapilheira em um bosque de sabiá localizado em ambiente semiárido. Na presente pesquisa, na época de transição entre as estações chuvosa e seca foi quantificado valor médio de 3,6 Mg ha<sup>-1</sup>. Essa informação é importante, pois a cobertura do solo gerada pela deposição das folhas ajuda em uma maior ciclagem de nutrientes, reduz a perda de água por evaporação, aumenta a infiltração e regula a microbiota do solo (Silva *et al.*, 2025; Lima *et al.*, 2021).

#### 4.4 Eficiência do uso de água da chuva

A EUA é um parâmetro que possibilita identificar a habilidade que a planta tem em converter a água e usá-la para suprir suas funções metabólicas. No entanto, é um parâmetro muito sensível às condições edafoclimáticas, manejo adotado e tipo de cultivo, ou seja, varia bastante de acordo com a localização geográfica (Santos *et al.*, 2021).

A EUA diferiu entre os sistemas de cultivo da *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira. Segundo Qiu *et al.* (2025), a prática de consorciação aumenta em até 30% a EUA em relação ao cultivo solteiro. No presente estudo, o efeito significativo possivelmente deu-se em função das características morfofisiológicas da sabiá e da palma. Os diferentes sistemas radiculares permitem que as plantas aproveitem a água disponível em diferentes camadas (Qiu *et al.*, 2025). No caso da sabiá, a planta possui um sistema radicular longo, denso e superficial, isso permite uma maior exploração do volume do solo, como consequência a sabiá aproveita melhor as reservas de água disponíveis (Pareyn; Araújo; Drummond, 2018). Com água disponível para as duas culturas os efeitos da competição são atenuados, permitindo assim uma complementaridade sem que ocorra inibição de uma cultura sob a outra. Souza *et al.* (2019) obtiveram valores de EUA em torno de 42,07 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para a Orelha de Elefante Mexicana, enquanto Castro *et al.* (2022) alcançaram valores de 19 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para palma Orelha de Elefante Mexicana. Em espécies da caatinga, esses valores variam bastante de acordo com a família botânica, o gênero e espécie vegetal.

## 5. CONCLUSÃO

O consórcio sabiá-palma forrageira promove aumento no rendimento de fitomassa por área e maior eficiência na utilização da água da chuva, sem comprometer as taxas de crescimento e as características estruturais das espécies avaliadas.

O consórcio sabiá-palma forrageira é uma alternativa viável para diversificação de cultivos forrageiros em ambientes semiáridos, contribuindo para o maior aproveitamento dos recursos naturais locais, notadamente da água da chuva, sendo uma estratégia promissora para melhorar a eficiência produtiva e garantir a segurança alimentar animal em ambientes semiáridos.

São necessários mais estudos de longo prazo para compreender a resiliência e sustentabilidade do consórcio sabiá-palma forrageira. É preciso avaliar os impactos sobre a ecofisiologia da palma e da *M. caesalpiniiifolia*, nos atributos do solo, no balanço de carbono e nitrogênio. Além disso, respostas do impacto do sombreamento da leguminosa no rebrote da palma forrageira também são necessárias.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L., CARVALHO, T. R. A., ARAÚJO, J. C. Leaf area index of Caatinga biome and its relationship with hydrological and spectral variables. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 279, p. 107705, 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107705>
- ALVES, H. K. M. N., JARDIM, A. M. R. F., SOUZA, L. S. B., ARAÚJO JÚNIOR, G. D. N., ALVES, C. P., ARAÚJO, G. G. L., STEIDLE NETO, A. J., SALVADOR, K. R. S., PINHEIRO, A. G., SILVA, T. G. F. Integrated management of agronomic practices in the forage cactus: maximizing productivity, biological efficiency and economic profitability. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 24, p. 307–329, 2022. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.514>
- AVIZ, R. O., SILVA, N. S. G., SANTOS, W. M., AMARAL, E. M., SOUZA SANTOS, J. P. A., SILVA, J. O. N., SANTOS, S. Eficiência de fixação de n por rizobactérias nativas do semiárido. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n. 10, p. 81-92, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0008>
- BEGIZEW, G. Agricultural production system in arid and semi-arid regions. **International Journal of Agricultural Science and Food Technology**, p. 234-244, 2021.  
[10.17352/2455-815x.000113](https://doi.org/10.17352/2455-815x.000113)
- BEZERRA, R. C. A., SANTOS, A. R. M., CORDEIRO, L. R. B. A., SOUZA, J. C. G., NASCIMENTO, D. B., NOGUEIRA, J. C., LEITE, M. L. M. V. Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, n.11, v. 15, p. e258111537107-e258111537107, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37107>
- CARVALHO, C. A. B. D., SILVA, P. H. F. D., ZANELLA, P. G., DIAVÃO, J., PAIVA, A. J. Morphogenetic and structural traits of tillers and herbage accumulation of Tanganyika grass under shading levels. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 23, e2100452022. 2022. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402100452022>

CARVALHO, F. C., GARCIA, R., ARAÚJO FILHO, J. A., COUTO, L., NEVES, J. C. L., & ROGÉRIO, M. C. P. Manejo in situ do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril.

**Agrossilvicultura**, v.1, n. 2, p. 121-129, 2004. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Rogério/publication/236659619\\_In\\_situ\\_management\\_of\\_sabia\\_Mimosa\\_caesalpiniiifolia\\_Benth\\_for\\_simultaneous\\_production\\_of\\_wood\\_and\\_forage\\_in\\_a\\_silvopastoral\\_system/links/5c37ad3da6fdccd6b5a2c65a/In-situ-management-of-sabia-Mimosa-caesalpiniiifolia-Benth-for-simultaneous-production-of-wood-and-forage-in-a-silvopastoral-system.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Rogério/publication/236659619_In_situ_management_of_sabia_Mimosa_caesalpiniiifolia_Benth_for_simultaneous_production_of_wood_and_forage_in_a_silvopastoral_system/links/5c37ad3da6fdccd6b5a2c65a/In-situ-management-of-sabia-Mimosa-caesalpiniiifolia-Benth-for-simultaneous-production-of-wood-and-forage-in-a-silvopastoral-system.pdf).

Acesso em 23 de nov de 2025.

CASTRO, I. N. D., SANTOS, S. R. D., KONDO, M. K., MAIA, V., & SANTOS, C. C. R. D. Agronomic performance and water use efficiency of irrigated cactus pear cultivars. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 529-540, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n225rc>

CIRINO JUNIOR, B., LEITE, M. L. M. V., SILVA, F. E., ALVES, C. P., OLIVEIRA, A. C., EUGÊNIO, D. S. Initial growth of forage cactus clones at different potassium fertilization levels. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 23, p. e70836, 2022. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-70836E>

COÊLHO, M. A. Artigo – Potencialidades do Semiárido para a agricultura brasileira. **Embrapa Semiárido**, 13 jun. 2023. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81226878/artigo---potencialidades-do-semiarido-para-a-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 18 ago. 2025.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B., SANTOS, M. V. F., CUNHA, M. V., SANTOS, D. C., ALMEIDA SOUZA, R. T., MELLO, A. C. L., SOUZA, T. C. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, p. 114890, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>

DUBEUX JUNIOR., J. C. B., SANTOS, M. V. F., MELLO, A. C. L., CUNHA, M. V., FERREIRA, M. A., SANTOS, D. C., SILVA, M. C. Potencial forrageiro de cactos em terras secas. Em: **VIII Congresso Internacional de Péra de Cacto e Cochonilha** 1067. p. 181-186, 2013. [10.17660/ActaHortic.2015.1067.24](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1067.24)

GALVÍNCIO, J. D., MOURA, M. D., SILVA, T. D., SILVA, B. D., & NAUE, C. R. LAI improved to dry forest in semiarid of the Brazil. **International Journal of Remote Sensing Applications**, v. 3, n. 4, p. 193-202, 2013. doi: 10.14355/ijrsa.2013.0304.04

JARDIM, A. M. R. F., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JÚNIOR, G. N. A., ALVES, H. K. M. N., SÁ SOUZA, M., MOURA, M. S. B. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, 188, 104464, 2021.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

KARAM, F., LAHOUD, R., MASAAD, R., KABALAN, R., BREIDI, J., CHALITA, C., ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. **Agricultural water management**, 90(3), 213-223. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.03.009>

LEITE, M. L. M. V., SILVA, S., ANDRADE, A. P., PEREIRA, W. E., RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014. Disponível em:  
<https://www.redalyc.org/pdf/2371/237131344021.pdf>. Acesso em 8 set. 2025.

LIMA, R. S., FONTENELE, J. K. S., SILVA, V. L., CHAVES, J. M., & MONTEIRO, J. H. A. Deposition of hills and qualitative variables of the annual biomass production in systems of caatinga and agro-forestry system in the Cocal-PI. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**. v.3, n. 1, p. 68-82, 2021.  
<https://doi.org/10.52719/bjas.v3i1.3944>

LIRA, E. C., FELIX, E. S., OLIVEIRA FILHO, T. J., ALVES, R. C., LIMA, R. P., SOUZA, J. T. A., ARAÚJO, J. S. Realização de consorciação de genótipos de palma forrageira com espécies madeireiras em ambiente semiárido. **Jornal Agronomia**, v. 114, n. 6, p. 3173-3182, 2022. <https://doi.org/10.1002/agj2.21174>

MOURA, E. A., LUCENA, L. R., LEITE, M. L., MOURA, G. A., SIMÕES, V. J., & SIMPLÍCIO, J. B. Relation of plant height and cladode number of cactus little sweet clone consorted with pornunça. **Cuban Journal of Agricultural Science**, 54(2). 2020.

OLIVEIRA, F., SENA, R., AZEVEDO, D., SANTOS, D. Difusão de forrageiras adaptadas à caatinga: uma estratégia para a produção animal sustentável. **Enciclopédia**

**Biosfera**, v.18, n. 38, 2021. [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2021D22](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D22)

PAREYN, F. G. C., ARAÚJO, E. L., DRUMMOND, M. A. *Mimosa caesalpiniiifolia*: Sabiá. In: PLANTAS PARA O FUTURO- REGIÃO-NORDESTE . **Embrapa Semiárido**, 2018. p. 759–765. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190118/1/Livro-Nordeste-759-65-2018.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.

PASSOS, M. A.; TAVARES, K. M.P; ALVES, A. R. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 51-56, 2007. <https://doi.org/10.5039/agraria.v2i1a542>

PEREIRA, F. C., GOMES, J. M., DANTAS, A. R. D. O., OLIVEIRA, L. A. K. V. Avaliação do desenvolvimento de um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*, Benth.)(Fabaceae) no Agreste Paraibano. **Revista Principia**, (18), 48-54. 2011. <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n18p48-54>

PINHEIRO, E. S., ALVES, A. R., HOLANDA, A. C. D., SILVEIRA, G. V. D. S., LOIOLA, Â. T., SILVA, P. C. D., SILVA, K. E. D. Effects of planting density on characteristics of sabiá wood. **Revista Caatinga**, v. 37, p. e11927, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37i11927rc>

QIU, Y., WANG, Z., SUN, D., LEI, Y., LI, Z., & ZHENG, Y. Advances in water and nitrogen management for intercropping systems: Crop growth and soil environment. **Agronomy**, v. 15, n. 8, p. 2000, 2025.

REIS, P. M. M., CANTO, J. L., UCELLA FILHO, J. G. M., MELO ALMEIDA, D., SILVA, B. R. F., SOUSA, A. N., SILVA, G. G. C. *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. as an alternative for wood production in northeast Brazil. **Advances in Forestry Science**. v. 10, n. 2, p. 1995-2002 2023. <http://doi.org/10.34062/af.s.v10i2.13983>

SÁ TELES, E. B., DE MAGALHÃES ARANTES, A., DONATO, S. L. R., SOARES, R. S., DA SILVA, J. A., & DONATO, P. E. R. Cultivares de palma forrageira sob diferentes arranjos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 17(1), 157-177. 2024.

SALVADOR, S. K. R., JARDIM, A. M. D. R. F., ALVES, C. P., JÚNIOR, G. D. N. A., SILVA, M. J., DE SOUZA, L. F., SILVA, T. G. F. Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, p.103958, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103958>

SALVADOR, S. K. R., SILVA, J. O. N., SANTOS, J. P. A. S., LEITE, R. M. C., AVIZ, R. O., SANTOS, A. R. M., ... & SILVA, T. G. F. Indicadores de eficiência biológica, habilidade competitiva e benefício econômico de sistemas de produção sustentável de forragem: Uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 06, p. 2730-2754, 2022.

SANTOS NETO, C. F., SILVA, R. G., MARANHÃO, S. R., BARRETO, C. M., LOPES, M. N., & CÂNDIDO, M. J. D. Morphological characteristics and yield of *Opuntia stricta* and *Nopalea cochenillifera* in integrated crop systems with caatinga trees. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 1, p. 59-68, 2023.

SANTOS, A. R. M., BEZERRA, R. C. A., CORDEIRO, L. R. B. A., LEITE, M. L. M. V., SALVADOR, K. R. S., SOUSA, L. C., SILVA, T. G. F. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1466-1489, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 8 set. 2025

SANTOS, W. R., SOUZA, L. S. B., PACHECO, A. N., A. M. R. F., & SILVA, T. G. F. Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: uma Revisão Para o Período de 2009–2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2573-2591, 2021.

SILVA, D. L. S., SILVA, M. V. V., PESSOA, J. P. M., SILVA, S. F., SILVA JUNIOR, J. L. R., SANTOS COUTO, M. S., SILVA, M. R. Composição química e disponibilidade de fitomassa em diferentes pastagens na época seca, chuvosa e transição. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 4, p. e7814448705-e7814448705, 2025. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i4.48705>

SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M. C.; CRUZ NETO, J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Area Do Cladódio De Clones De Palma

Forrageira: Modelagem, Análise E Aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633–641, 2014.

SOUZA, J. A., SILVA RIBEIRO, J. E., FARIAS RAMOS, J. P., SOUSA, W. H., ARAÚJO, J. S., LIMA, G. F. C., & DIAS, J. A. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 268-273, 2019.

SOUZA, M. D. S., ARAÚJO JÚNIOR, G. D. N., JARDIM, A. M. D. R. F., SOUZA, C. A. A., PINHEIRO, A. G., DE SOUZA, L. S. B., SILVA, T. G. F. Improving productivity and water use efficiency by intercropping cactus and millet. **Irrigation and Drainage**, v. 72, n. 4, p. 982–998, 2023. <https://doi.org/10.1002/ird.2834>

SOUZA, M. D. S., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., ALVES, H. K. M. N., LEITE, R. M. C., SOUZA, C. A. A., SOUZA, P. J. D. O. P. Growth, phenology and harvesting time of cactus-millet intercropping system under biotic mulching. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, n. 6, p. 764-778, 2022.  
<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1852553>

### CAPÍTULO III – ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO CONSÓRCIO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA* E PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO

#### RESUMO

A adoção de sistemas consorciados tem se mostrado uma estratégia promissora no aumento da eficiência produtiva e da sustentabilidade da agricultura em regiões semiáridas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os índices de eficiência do consórcio e habilidade competitiva em sistemas consorciados de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) e palma forrageira no semiárido. A hipótese é que o sistema consorciado entre *Mimosa caesalpinifolia* e palma forrageira apresenta vantagens agronômicas em relação aos monocultivos, evidenciada por índices de eficiência do consórcio superiores e por interações competitivas que favorecem o desempenho produtivo e a eficiência no uso da água. O experimento foi conduzido em sequeiro, entre junho de 2024 e setembro de 2025, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, no delineamento em blocos ao acaso, com três sistemas de cultivo: *M. caesalpinifolia* em monocultivo, palma forrageira em monocultivo e o consórcio *M. caesalpinifolia*-palma, com 10 repetições. Foram avaliados o rendimento de massa seca das culturas e calculados os índices de eficiência do consórcio e de habilidade competitiva. O consórcio apresentou o maior rendimento em massa seca, sendo em média 196% superior aos monocultivos da sabiá e da palma. O consórcio foi demonstrou maior eficiência no uso da terra em relação aos cultivos solteiros da sabiá e palma forrageira ( $UETt=4,13$ ). A razão de área equivalente no tempo demonstrou que o consórcio tem uma vantagem de 312% no uso da terra e do tempo em comparação aos monocultivos. A agressividade indicou dominância da leguminosa ( $A_{Mc}= 14,56$ ) sob a palma forrageira ( $A_p= -14,56$ ). Os índices de eficiência do consórcio demonstraram que o sistema *M. caesalpinifolia*-palma forrageira apresenta desempenho superior no uso da terra em relação aos monocultivos. Assim, indica-se o cultivo consorciado de sabiá e palma como estratégia viável para a produção de forragem em ambientes semiáridos.

**Palavras-chave:** Agressividade; leguminosa; *Opuntia*; Sistemas agroflorestais; Uso eficiente da terra.

### CHAPTER III – INTERCROPPING EFFICIENCY INDICES IN *MIMOSA CAESALPINIIFOLIA*–FORAGE CACTUS CROPPING SYSTEMS UNDER SEMI-ARID CONDITIONS

#### ABSTRACT

The adoption of intercropping systems has proven to be a promising strategy for increasing productive efficiency and sustainability in agriculture, particularly in semi-arid regions. In this context, the present study aimed to evaluate intercropping efficiency indices and competitive ability in systems combining *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) and forage cactus under semi-arid conditions. The hypothesis was that the intercropping system between *M. caesalpiniiifolia* and forage cactus presents agronomic advantages over monocropping systems, as evidenced by superior intercropping efficiency indices and competitive interactions that enhance productive performance and water-use efficiency. The experiment was conducted under rainfed conditions from June 2024 to September 2025 at Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit, Pernambuco State, Brazil. The experimental design was a randomized complete block with three cropping systems: *M. caesalpiniiifolia* monocrop, forage cactus monocrop, and *M. caesalpiniiifolia*–cactus intercropping, with ten replicates. Dry matter yield was evaluated, and intercropping efficiency and competitive ability indices were calculated. The intercropping system showed the highest dry matter yield, being on average 196% greater than the monocrops of sabiá and forage cactus. It also demonstrated greater land-use efficiency compared to monocropping systems (Land Equivalent Ratio in time = 4.13). The area–time equivalent ratio indicated that the intercropping system had a 312% advantage in land and time use compared to monocrops. The aggressivity index revealed dominance of the legume (*M. caesalpiniiifolia*,  $AMc = 14.56$ ) over forage cactus ( $Ap = -14.56$ ). Overall, the intercropping efficiency indices indicate that the *M. caesalpiniiifolia*–forage cactus system outperforms monocropping systems in terms of land-use efficiency. Therefore, the intercropping of sabiá and forage cactus is recommended as a viable strategy for forage production in semi-arid environments.

**Keywords:** Aggressivity; legume; *Opuntia*; agroforestry systems; land-use efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

A irregularidade e escassez das chuvas, a elevada evapotranspiração potencial e a propensão à salinização dos solos do Semiárido brasileiro impactam diretamente nas cadeias produtivas (agrícolas e pecuárias), trazendo consigo uma maior insegurança alimentar (Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022). Além disso, os impactos das mudanças climáticas podem agravar o cenário atual dessa região, intensificando os períodos de estiagem, reduzindo a disponibilidade hídrica, acelerando os processos de desertificação e salinização dos solos (Salvador *et al.*, 2024; Begizew, 2021). Desse modo, torna-se imprescindível a adoção de técnicas eficientes e sustentáveis que possibilitem o convívio em ambiente semiárido (Santos *et al.*, 2025). O consórcio entre espécies vegetais é um exemplo de técnica de resiliência agrícola, consiste no cultivo de culturas vegetais de maneira simultânea no mesmo espaço (Liu *et al.*, 2024).

Na literatura, pesquisas apontaram os benefícios do consórcio em ambiente semiárido. Silva *et al.* (2025), avaliaram intervenções de manejo no sistema palma forrageira-sorgo, observando um aumento de 76% na eficiência do uso da água. Jardim *et al.* (2021), estudando sobre o consórcio palma-sorgo, relataram um aumento de 47% na produção de massa fresca e seca do sistema consorciado em comparação ao cultivo solteiro do cacto forrageiro. Souza *et al.* (2022), observaram que o consórcio palma-milheto obteve um rendimento de matéria seca 58,13 e 34,87% superior ao rendimento das respectivas culturas em monocultivo.

Embora notadamente vantajoso, existem desafios ao se cultivar culturas de diferentes aspectos morfobiológicos de forma simultânea (Liu *et al.*, 2024), uma vez que interações competitivas entre as espécies vegetais (e.g. água, luz, nutrientes) são difíceis de se controlar em campo (Bezerra *et al.*, 2022; Diniz *et al.*, 2017). Por isso, é importante ter conhecimento e domínio das informações agrônomicas e ecológicas do consórcio, só assim torna-se possível a aplicação real e fundamentada desse sistema (Diniz *et al.*, 2017). A compreensão dos aspectos biológicos e competitivos pode ser realizada por meio de índices, técnica amplamente explorada em culturas de interesse agrícola (Salvador *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2022; Jardim *et al.*, 2021; Diniz *et al.*, 2017).

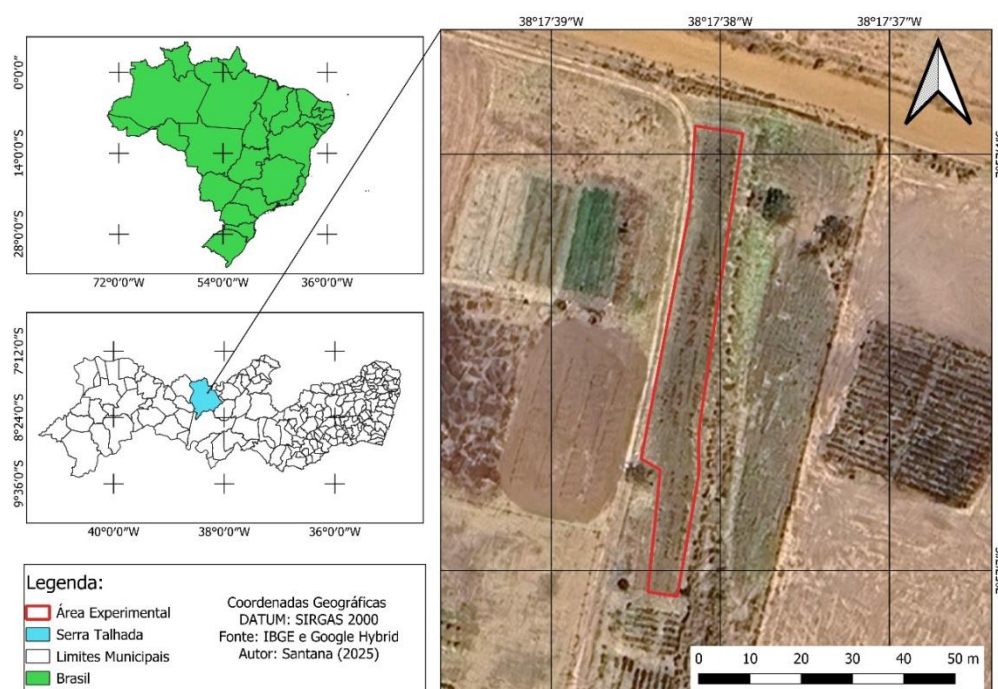
Entretanto, estudos abordando a aplicação de índices de eficiência do consórcio e habilidade competitiva em sistemas compostos por espécies arbóreas nativas são inexistentes na literatura. Alguns estudos abordaram o uso da palma em consórcio com espécies

madeiras da caatinga (Lira *et al.*, 2022; Santos Neto *et al.*, 2023), porém, esses autores limitaram-se a compreender apenas os aspectos produtivos da palma forrageira. Partindo dessa ideia, nossa hipótese é que o sistema consorciado entre *Mimosa caesalpinifolia* e palma forrageira apresenta vantagens agrônômicas em relação aos monocultivos, evidenciada por índices de eficiência do consórcio superiores e por interações competitivas que favorecem o desempenho produtivo e a eficiência no uso da água. Assim, objetivou-se avaliar os índices de eficiência do consórcio e habilidade competitiva em sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpinifolia* e palma forrageira em ambiente semiárido.

## 2. METODOLOGIA

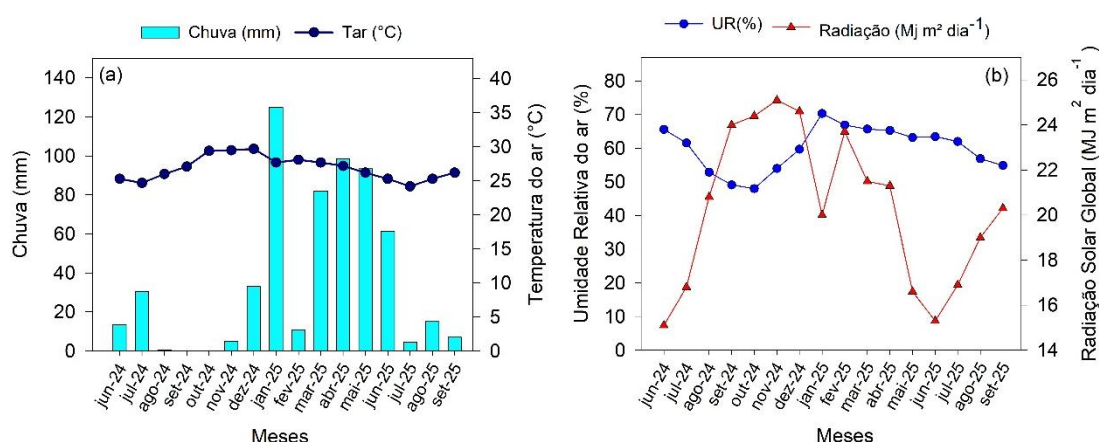
### 2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada entre junho de 2024 e setembro de 2025, em sequeiro, na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE, Sertão do Pajeú, Brasil, (7°59'24" Sul; 38°17'54" Oeste e altitude 429 m)( Figura 1).



**Figura 1.** Localização da área de estudo situada no município de Serra Talhada, Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil.

As séries históricas de dados climáticos do município de Serra Talhada registram precipitação pluvial média anual de aproximadamente 642,1 mm, concentrada principalmente de janeiro a abril. A temperatura do ar média ao longo do ano é de 24,8 °C, com amplitude de 19,9 a 30,4 °C, a umidade relativa do ar média situa-se em 62,5%. E a demanda atmosférica de cerca de 1.800 mm.ano<sup>-1</sup>, resultando em um déficit hídrico anual estimado em 1.143 mm.ano<sup>-1</sup> (Silva *et al.*, 2014). As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do ciclo das culturas, por meio de uma Estação Meteorológica Automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 100 m da área experimental (Figura 2).



**Figura 2.** Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (junho de 2024 a setembro de 2025) em Serra Talhada-PE.

Durante o período experimental foi quantificado um acúmulo de chuva de 579,7 mm, com uma maior concentração de chuvas nos meses de janeiro (124 mm), março (82 mm), abril (98,5 mm), maio (93 mm) e junho (61,3 mm) de 2025. Esses valores somados correspondem a mais de 73 % de toda a chuva que caiu durante o período experimental. A temperatura média do ar foi de 26°C, com umidade relativa do ar acima de 60 % (Figura 2).

Para a caracterização dos atributos físicos e químicos do solo da área experimental, classificado como Cambissolo Háptico Típico Ta Eutrófico (Moura *et al.*, 2020), foram coletadas amostras nas camadas de 0–20 cm e 20–40 cm. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas e peneiradas em malha de 2,0 mm, sendo posteriormente encaminhadas ao laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco para análise (Tabela 1).

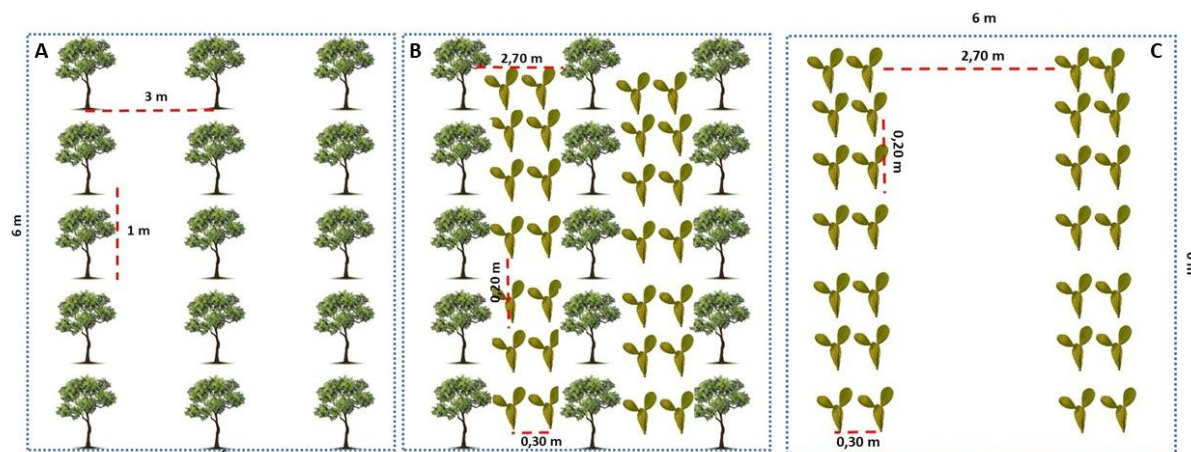
**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos do solo da área experimental, Serra Talhada – PE

| Atributos físicos  |                        |      |                                    |      |       |      |       |                             |       |        |              |       |      |
|--------------------|------------------------|------|------------------------------------|------|-------|------|-------|-----------------------------|-------|--------|--------------|-------|------|
| Camada             | DS                     | DP   | PT                                 | AN   | GF    | AT   | AG    | AF                          | Silte | Argila |              |       |      |
| cm                 | cmolc.dm <sup>-3</sup> |      | -----                              | %    | ----- |      | ----- | Composição granulométrica % |       |        |              | ----- |      |
| 0 -20              | 1,61                   | 2,53 | 36,26                              | 4,32 | 59    | 73,6 | 44,5  | 29,1                        | 15,9  | 10,5   |              |       |      |
| 20 – 40            | 1,66                   | 2,47 | 32,4                               | 4,39 | 58,31 | 72,2 | 48,88 | 23,34                       | 17,2  | 10,5   |              |       |      |
| Atributos químicos |                        |      |                                    |      |       |      |       |                             |       |        |              |       |      |
| Camada             | P                      |      | K                                  | Na   | Ca    | Mg   | H+Al  | SB                          | CTC   | V      | PST          | MO    | RAS  |
| cm                 | mg.d<br>m <sup>3</sup> | pH   | ----- cmolc.dm <sup>-3</sup> ----- |      |       |      |       |                             |       |        | ----- % ---- |       |      |
|                    |                        |      |                                    |      |       | --   |       |                             |       |        | --           |       |      |
| 0 -20              | 380                    | 7,1  | 0,88                               | 0,11 | 1,2   | 0,1  | 1     | 2,29                        | 3,29  | 69,6   | 3,34         | 1,24  | 0,14 |
| 20 - 40            | 380                    | 7,1  | 0,68                               | 0,27 | 1,3   | 0,3  | 1     | 2,55                        | 2,55  | 71,8   | 7,6          | 0,88  | 0,3  |

DS = Densidade do solo; DP = Densidade de partícula; PT = Porosidade total; AN = Areia natural; GF = Grau de floculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina. SB = Soma de base = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = Capacidade de troca catiônica - CTC = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>); V = Saturação por base = (SB/CTC) x 100; H+Al = Alumínio trocável; M.O = matéria orgânica; RAS - razão de adsorção ele sódio = Na<sup>+</sup>/[(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)/2]<sup>1/2</sup>; PST - percentagem de sódio trocável, PST = (Na<sup>+</sup> /CTC) x 100.

## 2.2 Design e tratamentos experimentais

O ensaio foi instalado utilizando o delineamento em blocos ao acaso, com três sistemas de cultivo: *Mimosa caesalpiniiifolia* em monocultivo, palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw) Haw, clone Orelha de Elefante Mexicana) em monocultivo e consórcio *M. caesalpiniiifolia*-palma, com 10 repetições. A unidade experimental (6 x 6 m) foi composta por três fileiras de *M. caesalpiniiifolia* com cinco plantas por fileira, perfazendo quinze plantas por unidade experimental. O espaçamento adotado na cultura da *M. caesalpiniiifolia* foi de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas na linha, correspondendo a uma densidade populacional de 3.333 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 3). O espaçamento adotado na palma, em fileira dupla, foi de 2,70 m entre linhas, 0,3 m no espaçamento da fileira dupla e 0,2 m entre plantas. Com 60 plantas por fileira, perfazendo 120 plantas por unidade experimental, correspondendo a uma densidade populacional de 33.333 plantas ha<sup>-1</sup>. No consórcio *M. caesalpiniiifolia*-palma, o arranjo foi implantado com uma fileira dupla de palma forrageira na entrelinha de duas fileiras de *M. caesalpiniiifolia*, mantendo os mesmos espaçamentos do monocultivo das duas espécies (3.333 plantas de *M. caesalpiniiifolia* ha<sup>-1</sup> + 33.333 plantas de palma ha<sup>-1</sup>). O estudo abrangeu um ciclo da *M. caesalpiniiifolia* (450 dias após o transplante) e um ciclo da palma forrageira (450 dias após o plantio).



**Figura 3.** Esquema representativo dos sistemas de cultivo: sabiá em monocultivo (A), sabiá consorciada com palma forrageira (B) e palma forrageira em monocultivo (C).

### 2.3 Procedimentos de condução experimental

Em março de 2024, o solo foi preparado de maneira convencional, com uma aração e uma gradagem. As culturas foram conduzidas sob condições naturais de chuva, em sistema de sequeiro. Quando necessário foi realizada uma capina manual para controle das plantas invasoras no experimento, a fim de evitar interferências nos resultados.

As sementes de *M. caesalpinifolia* foram provenientes de cinco árvores matrizes adultas situadas na UFRPE-UAST, respeitando-se um afastamento superior a 30 metros entre cada indivíduo. Para superação da dormência foi utilizado o método de imersão em água quente a 80 °C com resfriamento em temperatura ambiente.

O substrato destinado à germinação das sementes foi formulado na proporção de 2:1:1, correspondendo a 50% de solo, 25% de esterco bovino decomposto e 25% de areia lavada. As mudas foram transplantadas para o campo após 92 dias após o semeio, com altura superior a 30 cm. As covas de plantio foram preparadas com largura, comprimento e profundidade de 30 cm (30 x 30 x 30 cm).

Os cladódios sementes de palma forrageira foram provenientes de palmal localizado na área da UFRPE-UAST. O plantio foi realizado em sulco, em abril de 2024, após a cura dos cladódios, 10 dias à sombra para garantir plena cicatrização (Sá Teles *et al.*, 2024), inserindo um cladódio na posição vertical, em profundidade suficiente para que a metade do mesmo fosse enterrada.

## 2.4 Índices de eficiência do consórcio e habilidade competitiva

Aos 450 dias do transplântio da *M. caesalpiniiifolia*, após a realização dos cortes, estimou-se a disponibilidade de fitomassa correspondente à fração composta por folhas e ramos herbáceos potencialmente acessíveis aos animais. Em cada parcela, foram selecionadas aleatoriamente duas plantas, correspondentes a um metro linear. Em seguida, realizou-se a coleta de todo o material vegetal até a altura de 1,0 m acima do nível do solo. Os procedimentos adotados foram adaptados da metodologia de Carvalho *et al.* (2004).

Aos 450 dias após o plantio, foram colhidas cinco plantas de palma forrageira, correspondentes a um metro linear da porção central da fileira de cada unidade experimental, para a determinação da massa fresca e seca. As plantas foram pesadas individualmente, com auxílio de balança eletrônica, obtendo-se o peso total, por planta e por parcela. Todos os cladódios primários foram preservados, para garantir a persistência das plantas e promover maior rebrota.

Foi selecionado um cladódio do terço médio de cada planta avaliada, logo após, os cladódios foram fracionados em pequenas partes para facilitar a perda de água, e por fim foram separadas amostras de, aproximadamente, 600 g em cada tratamento. Em seguida foi determinado o teor de massa seca (MS) da palma forrageira, por meio de secagem do material em sacos de papel kraft identificados, conduzidos a uma estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante (Cirino Junior *et al.*, 2022).

A produção individual de massa fresca (PMF) por hectare da *M. caesalpiniiifolia* e da palma forrageira foi determinada pelo produto entre a produção por metro linear e a quantidade de metros lineares em um hectare de cada espécie. A produção de massa seca (PMS) das duas culturas foi calculada multiplicando-se a PMF pelo teor de matéria seca. A produção de massa fresca e massa seca do consórcio foi determinada com base no somatório das produções individuais das culturas.

Nesse estudo foram utilizados os seguintes índices de eficiência do consórcio para mensurar o desempenho do consórcio sabiá-palma. Os índices foram: Uso Eficiente da Terra (UET), Razão de Área Equivalente no Tempo (RAET), Coeficiente Equivalente de Terra (CET) e Índice de Produtividade do Sistema (IPS), conforme metodologia de Bezerra *et al.* (2022). Os procedimentos para estas determinações encontram-se detalhados nas equações 1, 2, 3, 4, apresentadas a seguir.

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \quad (1)$$

onde,  $Y_{ab}$  e  $Y_{aa}$  estão associados ao rendimento de forragem da palma forrageira em consórcio e monocultivo respectivamente. Já  $Y_{ba}$  e  $Y_{bb}$  referem-se ao rendimento da *M. caesalpiniiifolia* em consórcio e monocultivo, de forma respectiva. Desse modo, se  $UET > 1$ , entende-se que há vantagem do cultivo consorciado em comparação aos monocultivos. Por outro lado, se  $UET = 1$ , não existe vantagem produtiva do consórcio e quando  $UET < 1$ , ocorre desvantagem em fazer a consorciação (Bezerra *et al.*, 2022; Jardim *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2021).

$$RAET = \frac{(UET_a \times t_a) + (UET_b \times t_b)}{T_{ab}} \quad (2)$$

sendo, a e b referentes a palma forrageira e a *M. caesalpiniiifolia* nessa sequência.  $UET_a$  e  $t_a$  são correspondentes respectivamente, ao Uso Eficiente da Terra e duração do ciclo da palma forrageira em dias. Semelhante,  $UET_b$  e  $t_b$  dizem respeito ao Uso Eficiente da Terra e tempo em dias, da duração do ciclo da *M. caesalpiniiifolia*.

Em sequência, o  $T_{ab}$  é o tempo total do sistema consorciado em dias. Desse modo, se a  $RAET > 1$ , diz respeito à vantagem de se implementar o cultivo em consórcio, de forma contrária, se  $RAET = 1$ , não existe vantagem produtiva entre os sistemas de cultivo, o que indica que a aplicação de ambos os sistemas de cultivo pode ser feita. Semelhante ao citado acima, se a  $RAET < 1$ , existe desvantagem ao se utilizar o consórcio ao invés dos monocultivos (Diniz *et al.*, 2017).

$$CET = UET_a \times UET_b \quad (3)$$

onde, o  $CET > 0,25$  esboça a vantagem produtiva em sistemas consorciados, ao passo que o coeficiente produtivo mínimo é de 25% (Diniz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021).

$$IPS = \left( \frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} \right) Y_{ba} + Y_{ab} \quad (4)$$

onde, o IPS será utilizado para padronizar o rendimento da cultura secundária (*M. caesalpiniiifolia*) com o rendimento da cultura principal (palma forrageira) (Bezerra *et al.*, 2022; Diniz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021)

Entre os índices de habilidade competitiva, foram utilizados o Coeficiente de Adensamento Relativo (CAR), Índice de Agressividade (A), Perda ou Ganho Atual de

Rendimento (PGAR) e a Razão de Competitividade (RC), conforme Salvador *et al.* (2022). Estes índices foram calculados conforme procedimentos indicados nas Equações 5, 6, 7 e 8.

$$\begin{aligned} CAR_{ab} &= \frac{Y_{ab} \times X_{ba}}{Y_{aa} - Y_{ab}} \times X_{ab} \\ CAR_{ba} &= \frac{Y_{ba} \times X_{ab}}{Y_{bb} - Y_{ba}} \times X_{ba} \end{aligned} \quad (5)$$

onde,  $X_{ab}$  é a proporção relacionada ao plantio da palma forrageira em consórcio com a *M. caesalpiniiifolia*;  $X_{ba}$  relaciona a proporção do plantio *M. caesalpiniiifolia* em consórcio com a palma forrageira. Se o produto dos coeficientes, ou seja,  $CAR = (CAR_{ab} \times CAR_{ba}) > 1$ , existe vantagem no rendimento do sistema consorciado em comparação ao monocultivo, sendo  $CAR = 1$ , não se tem vantagem produtiva, e se  $CAR < 1$ , ocorre desvantagem no consórcio.

Ainda mais, sendo  $CAR_{ab} > CAR_{ba}$  é um indicativo de que a palma é mais competitiva quando relacionada a *M. caesalpiniiifolia* (Salvador *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2023).

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \times X_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times X_{ba}} \quad (6)$$

em que, sendo  $A_{ab} = 0$  indica que as duas culturas são competitivas, enquanto,  $A_{ab} > 0$ , a palma é dominante em relação à *M. caesalpiniiifolia*, sendo  $A_{ab} < 0$ , a *M. caesalpiniiifolia* se sobressai quando relacionada a palma forrageira (Salvador *et al.*, 2022).

$$RC_a = \frac{UET_a}{UET_b} \times \frac{X_{ba}}{X_{ab}} \quad (7)$$

caso  $RC_a < 1$ , existe benefício no consórcio e as espécies podem ser cultivadas juntas, porém, sendo  $RC_a > 1$ , entende-se que existe maior competitividade entre as culturas se comparado ao cultivo solteiro, não sendo indicada a consorciação (Jardim *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2022).

$$PGAR = \left( UET_a \times \left[ \frac{100}{Z_{ab}} \right] - 1 \right) + \left( UET_b \times \left[ \frac{100}{Z_{ba}} \right] - 1 \right) \quad (8)$$

Onde ,  $Z_{ab}$  é a proporção de plantio da espécie a (palma) em consórcio com a espécie b (*M. caesalpiniiifolia*).  $Z_{ba}$  representa a proporção de plantio da espécie b em consórcio com a espécie a. Se o  $PGAR > 0$ , sugere que existe vantagem do sistema consorciado sobre o solteiro, enquanto que, se  $PGAR < 0$ , ocorre desvantagem em consorciar (Diniz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021).

## 2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade de Cochran. Foi utilizada a análise de variância pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ), caso a diferença fosse significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para efeito de comparação dos tratamentos. Os dados foram organizados em planilha Excel, as análises estatísticas foram realizadas pelo software R, versão 4.3.1 utilizando-se o pacote ExpDes.pt.

## 3. RESULTADOS

Os sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpiniiifolia* consorciada com palma forrageira (Mc-P) e palma forrageira em monocultivo (P) não diferiram entre si em termos de rendimento em matéria fresca, porém, foram superiores ao rendimento apresentado pela *M. caesalpiniiifolia* em monocultivo (Mc) (Tabela 2).

O consórcio apresentou o maior rendimento em massa seca quando comparado aos demais sistemas de cultivo, sendo 69,21% superior ao monocultivo da palma forrageira e 324,5% superior ao monocultivo da leguminosa (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produtividade de matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) em sistemas de cultivo de *Mimosa caesalpiniiifolia* e palma forrageira

| Sistema de cultivo | Rendimentos               |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | MF (Mg ha <sup>-1</sup> ) | MS (Mg ha <sup>-1</sup> ) |
| Mc-P               | 128,1± 10,2 a             | 16,6±1,3 a                |
| P                  | 111±22,6 a                | 9,81±2,1 b                |

|         |             |             |
|---------|-------------|-------------|
| Mc      | 6,65±0,95 b | 3,91±1,26 b |
| P-valor | 0,00060     | 0,00120     |

\*Mc-P: *Mimosa caesalpiniiifolia* consorciada com palma forrageira; P: Palma forrageira em monocultivo; Mc: *Mimosa caesalpiniiifolia* em monocultivo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

### 3.1 Índices de eficiência do consórcio

Na avaliação do uso eficiente da terra (UET), verificou-se que a perda de rendimento da palma forrageira ( $UET_P=1,87$ ) foi maior que o da leguminosa ( $UET_{Mc}=2,26$ ) (Tabela 3). O rendimento total do consórcio foi de 313% ( $UET_t=4,13$ ), sendo necessário o acréscimo de 3,13 ha do monocultivo para igualar o rendimento do consórcio. A razão de área equivalente no tempo (RAET) foi de 4,12, isso demonstra que o consórcio *M. caesalpiniiifolia*-palma tem uma vantagem de 312% no uso da terra e do tempo. Já o coeficiente equivalente de terra (CET) foi de 4,21, ou seja,  $CET > 0,25$  isso indica que o consórcio é superior as culturas em monocultivo. Por fim, com o índice de produtividade do sistema (IPS) o rendimento da *M. caesalpiniiifolia* foi convertido para rendimento equivalente da palma em monocultivo. Dessa maneira, o consórcio alcançou rendimento 8,82 Mg MS ha<sup>-1</sup>, isso significa que a palma forrageira em monocultivo tem um melhor rendimento, uma vez que o IPS da mesma superior ao obtido (9,81 Mg MS ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 3.** Índices de eficiência do consórcio *Mimosa caesalpiniiifolia* e palma forrageira

| Consórcio                              | UET <sub>P</sub> | UET <sub>Mc</sub> | UET <sub>t</sub> | RAET | CET  | IPS                        |
|----------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------|------|----------------------------|
| <i>M. caesalpiniiifolia</i> -<br>Palma | 1,87             | 2,26              | 4,13             | 4,12 | 4,21 | 8,82 Mg MS h <sup>-1</sup> |

UET<sub>P</sub>: uso eficiente da terra pela palma forrageira; UET<sub>Mc</sub>: uso eficiente da terra pela *M. caesalpiniiifolia*; UET<sub>t</sub>: uso eficiente da terra total; RAET: razão de área equivalente no tempo; CET: coeficiente equivalente de terra; IPS: índice de produtividade do sistema.

### 3.2 Índices de habilidade competitiva

O coeficiente de adensamento relativo da *M. caesalpiniiifolia* ( $CAR_{Mc} = -0,30$ ), foi maior que o da palma forrageira ( $CAR_P = -0,67$ ), isso é um indicativo de que existe uma competição interespecífica, com a leguminosa dominando a palma forrageira (Tabela 4). O produto dos valores individuais da palma e da leguminosa ( $CAR_t = 0,20$ ) foi inferior a 1, indicando que existe competitividade entre essas duas culturas no consórcio. Analisando o

Índice de Agressividade (A), o valor negativo da palma ( $A_p = -14,56$ ) e o valor positivo da *M. caesalpiniiifolia* ( $A_{Mc} = 14,56$ ), indica dominância da leguminosa sobre a palma forrageira (Tabela 4). Tratando-se de perda ou ganho de rendimento (PGAR), esse valor foi de 2.710,77, indicando que houve ganho de rendimento e vantagem do consórcio sob os monocultivos (Tabela 4). A razão de competitividade (RC) foi de 0,08, um forte indicativo de que existem benefícios positivos na interação das espécies em consórcio, ou seja, é adequado o cultivo simultâneo.

**Tabela 4.** Índices de habilidade competitiva de *Mimosa caesalpiniiifolia* consorciada com a palma forrageira (Mc-P)

| Consórcio | CAR <sub>p</sub> | CAR <sub>Mc</sub> | CAR <sub>t</sub> | A <sub>p</sub>    | A <sub>Mc</sub> | PGAR    | RC   |
|-----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------|------|
| Mc-P      | -0,67            | -0,30             | 0,20             | $\frac{-}{14,38}$ | 14,38           | 2710,77 | 0,08 |

CAR<sub>p</sub>: Coeficiente de adensamento relativo da palma sobre a *M. caesalpiniiifolia*; CAR<sub>Mc</sub>: Coeficiente de adensamento relativo da *M. caesalpiniiifolia* sobre a palma; CAR<sub>t</sub>: Coeficiente de adensamento total; A<sub>p</sub>: Agressividade da palma sobre a *M. caesalpiniiifolia*; A<sub>Mc</sub>: Agressividade da *M. caesalpiniiifolia* sobre a palma; PGAR: perda ou ganho atual de rendimento; RC: razão de competitividade.

#### 4. DISCUSSÃO

O consórcio entre espécies vegetais é vantajoso do ponto de vista produtivo e ecológico, pois possibilita um maior aproveitamento da terra, maior otimização do cultivo no tempo, além de promover um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis (Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022; Qiu *et al.*, 2025). Assim, o emprego de índices de eficiência e habilidade competitiva é importante, através deles os rendimentos das culturas são utilizados para avaliar o desempenho do sistema quanto ao uso da terra, e as interações interespecíficas (Salvador *et al.*, 2022).

Na presente pesquisa, a palma em cultivo solteiro apresentou rendimento em matéria fresca similar ao do consórcio *M. caesalpiniiifolia* e palma forrageira (Mc-P), mas ambos os sistemas foram superiores ao monocultivo da leguminosa. A palma forrageira é uma cactácea que se destaca por sua elevada produção de fitomassa por área, com rendimentos que variaram de 103 a 165 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a depender do local e manejo adotados (Edvan *et al.*, 2020). Entretanto, seus teores de fibras e proteínas são muito baixos, tornando seu uso exclusivo na dieta animal não recomendado (Dubeux Júnior *et al.*, 2021). Por outro lado, a *M. caesalpiniiifolia* é uma leguminosa arbórea, nativa da caatinga, possui elevados teores de

proteínas e fibras, sendo uma alternativa na complementação da dieta animal. No consórcio, provavelmente ocorreu complementariedade, onde a leguminosa potencializou o rendimento da palma. A *M. caesalpiniiifolia* possui capacidade de fixar até 120 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Pessoa *et al.*, 2025), além de promover a redução do microclima do cultivo através do sombreamento da sua copa (Pereira *et al.*, 2011). Segundo Silva *et al.* (2023), uma dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> é recomendada para cultivos de palma, otimizando o rendimento do cultivo. O efeito da complementariedade pode ser observado no rendimento de matéria seca, onde o consórcio foi bem superior aos monocultivos. Ao se cultivar duas espécies na mesma área, existe uma perda de rendimento individual causado pela competição interespecífica (Qiu *et al.*, 2025). Porém, ao somar os rendimentos das duas culturas ocorre um ganho potencial compensando assim a perda individual, esse efeito explica por que o consórcio apresentou rendimento superior aos monocultivos.

O consórcio apresentou UET de 4,13, demonstrando elevada eficiência desse sistema na utilização da terra, sendo um indicativo de grande complementariedade entre a *M. caesalpiniiifolia* (Mc) e a palma (P). Tal fato pode estar associado as características morfofisiológicas de ambas as culturas, a Mc é uma leguminosa arbórea, com sistema radicular pivotante e profundo, que lhe permite alcançar reservas de água mais profundas (Pareyn, Araújo, Drummond, 2018). Já a palma forrageira possui sistema radicular especializado, capaz de captar a água mais subsuperficial (Dubeux Júnior *et al.*, 2021). Além disso, são espécies com metabolismos fotossintéticos bem distintos (Mc, C3; palma, CAM), ou seja, a captação e assimilação de CO<sub>2</sub> são bem distintas entre as espécies consorciadas. Estes fatores explicam o valor de UET encontrado no presente estudo.

Na presente pesquisa o valor de RAET encontrado foi de 4,12, isso indica que o consórcio é mais eficiente que os monocultivos, no uso da terra e do tempo de cultivo. O tempo de permanência das culturas no campo influencia diretamente a eficiência econômica dos sistemas de cultivo. Postergar a colheita tende a ampliar a exposição das plantas às variações climáticas, bem como à incidência de pragas e doenças, o que pode comprometer o desempenho produtivo e a estabilidade do sistema (Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022). Portanto, o elevado valor de RAET para o consórcio, se traduz em uma maior produtividade do sistema no mesmo espaço de tempo que os monocultivos também iriam utilizar.

Diniz *et al.* (2017) e Bezerra *et al.* (2022), ressaltaram que um resultado positivo do CET aponta para uma maior vantagem econômica do consórcio em relação ao cultivo

exclusivo das culturas. No presente estudo, a CET encontrada foi de 4,21, reforçando que o consórcio Mc-P apresenta maior vantagem produtiva em relação aos monocultivos.

O IPS é um índice empregado como ferramenta para padronizar a produtividade da cultura secundária (*M. caesalpiniiifolia*) ao equivalente produtivo da cultura principal (palma forrageira) (Diniz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022). O valor de IPS encontrado no presente estudo foi de 8,82 Mg MS ha<sup>-1</sup>, o qual foi inferior ao valor do rendimento da palma forrageira (9,81 Mg MS ha<sup>-1</sup>). Isso indica que não existe vantagem produtiva do consórcio em relação ao monocultivo. Entretanto, olhar de forma exclusiva para esse índice para determinar vantagem ou desvantagem do consórcio não parece ideal, pois foram obtidos UET, RAET e CET mais 200% superiores aos monocultivos.

Em relação à habilidade competitiva, o sistema apresentou coeficiente de adensamento abaixo de 1 (CAR<sub>t</sub>=0,20), demonstrando não existir vantagem produtiva ao associar essas duas culturas. Porém, pode ter ocorrido grande competição entre a leguminosa e a palma forrageira, a agressividade demonstra isso, a *M. caesalpiniiifolia* demonstrou maior agressividade (14,38) em relação a palma forrageira. A Mc possui elevada adaptabilidade e rusticidade, por isso tem seu emprego na recuperação de áreas degradadas e com solos de baixa fertilidade (Pereira *et al.*, 2011). Assim, em um ambiente de cultivo favorável é provável que a espécie de maior rusticidade se sobressaia aquela com menor. A palma forrageira, por sua vez, é uma espécie que não tolera bem competição interespecífica (Dubeux Júnior *et al.*, 2021), isso explicaria os resultados obtidos. O PGAR total encontrado nesse estudo foi de 2.710,77, indicando que houve ganho de rendimento com a adoção do consórcio. De acordo com Bezerra *et al.* (2022), valores acima de 0 para esse índice indicam vantagem do consórcio sob o cultivo exclusivo.

A Razão de Competitividade (RC) permite avaliar a intensidade da competição entre as culturas, ao considerar a produtividade obtida nos sistemas consorciado e solteiro, bem como a proporção da área ocupada por cada espécie (Diniz *et al.*, 2017). A razão de competitividade encontrada foi de 0,08. Valores abaixo de 1 para esse índice indicam que existe benefício no uso do consórcio. Esse resultado aponta para mesma direção dos índices de eficiência do consórcio, demonstrando que há vantagem ao se adotar essa configuração. A análise desses índices de competitividade é fundamental para a compreensão da dinâmica interespecífica, contribuindo para a avaliação da viabilidade do consórcio e para a identificação da cultura dominante, com reflexos diretos na eficiência produtiva do sistema (Diniz *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2021; Bezerra *et al.*, 2022).

## CONCLUSÃO

Os índices de eficiência do consórcio demonstraram a superioridade no desempenho do sistema sabiá–palma forrageira no uso eficiente da terra, na razão de área equivalente no tempo e no coeficiente equivalente de terra em relação aos monocultivos em condições semiáridas, sem comprometer a produtividade das culturas.

Os índices de habilidade competitiva “perda ou ganho de rendimento” e “agressividade” demonstram que o consórcio sabiá–palma tem desempenho superior aos monocultivos dessas espécies em condições semiáridas.

O cultivo consorciado sabiá–palma forrageira é uma estratégia promissora para a produção de forragem em ambientes semiáridos, contribuindo para a diversificação do sistema produtivo e melhor aproveitamento da terra e dos recursos naturais.

São necessários estudos de longo prazo para avaliar a influência do consórcio sobre as características fisiológicas das plantas e os impactos desse sistema na microbiologia do solo. Por fim, essas informações servirão de subsídio para determinar a sustentabilidade forrageira desse sistema.

## 5. REFERÊNCIAS

- BEGIZEW, G. Agricultural production system in arid and semi-arid regions. **International Journal of Agricultural Science and Food Technology**, p. 234-244, 2021. [10.17352/2455-815x.000113](https://doi.org/10.17352/2455-815x.000113)
- BEZERRA, R. C. A., SANTOS, A. R. M., CORDEIRO, L. R. B. A., SOUZA, J. C. G., NASCIMENTO, D. B., NOGUEIRA, J. C., LEITE, M. L. M. V. Indicadores de eficiência biológica e habilidade competitiva em sistemas consorciados de plantas forrageiras xerófilas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, n.11, v. 15, p. e258111537107-e258111537107, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37107>
- CARVALHO, F. C., GARCIA, R., ARAÚJO FILHO, J. A., COUTO, L., NEVES, J. C. L., & ROGÉRIO, M. C. P. Manejo in situ do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. **Agrossilvicultura**, v.1, n. 2, p. 121-129, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Rogério/publication/236659619\\_In\\_situ\\_management\\_of\\_sabia\\_Mimosa\\_caesalpiniiifolia\\_Benth\\_for\\_simultaneous\\_production\\_of\\_wood\\_and\\_forage\\_in\\_a\\_silvopastoral\\_system/links/5c37ad3da6fdccd6b5a2c65a/In-situ-management-of-sabia-Mimosa-caesalpiniiifolia-Benth-for-simultaneous-production-of-wood-and-forage-in-a-silvopastoral-system.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Rogério/publication/236659619_In_situ_management_of_sabia_Mimosa_caesalpiniiifolia_Benth_for_simultaneous_production_of_wood_and_forage_in_a_silvopastoral_system/links/5c37ad3da6fdccd6b5a2c65a/In-situ-management-of-sabia-Mimosa-caesalpiniiifolia-Benth-for-simultaneous-production-of-wood-and-forage-in-a-silvopastoral-system.pdf). Acesso em 23 de nov de 2025.
- CIRINO JUNIOR, B., LEITE, M. L. M. V., SILVA, F. E., ALVES, C. P., OLIVEIRA, A. C., EUGÊNIO, D. S. Initial growth of forage cactus clones at different potassium fertilization levels. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 23, p. e70836, 2022. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-70836E>
- DINIZ, W. J. D. S., SILVA, T. G. F. D., FERREIRA, J. M. D. S., SANTOS, D. C. D., MOURA, M. S. B. D., ARAÚJO, G. G. L. D., & ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724-733, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900004>
- EDVAN, R. L., MOTA, R. R. M., DIAS-SILVA, T. P., NASCIMENTO, R. R., SOUSA, S. V., SILVA, A. L., ARAÚJO, J. S. Resiliência de genótipos de palma forrageira em região semiárida tropical sujeita à restrição climática de cultivo. **Relatórios Científicos**, v. 10, n. 1, p. 10040, 2020.
- JARDIM, A. M. R. F., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JÚNIOR, G. N. A., ALVES, H. K. M. N., SÁ SOUZA, M., MOURA, M. S. B. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, 188, 104464, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>
- LIRA, E. C., FELIX, E. S., OLIVEIRA FILHO, T. J., ALVES, R. C., LIMA, R. P., SOUZA, J. T. A., ARAÚJO, J. S. Realização de consorciação de genótipos de palma forrageira com espécies madeireiras em ambiente semi-árido. **Jornal Agronomia**, v. 114, n. 6, p. 3173-3182, 2022. <https://doi.org/10.1002/agj2.21174>

- LIU, R., YANG, L., ZHANG, J., ZHOU, G., CHANG, D., CHAI, Q., & CAO, W. Maize and legume intercropping enhanced crop growth and soil carbon and nutrient cycling through regulating soil enzyme activities. **European Journal of Agronomy**, v. 159, p. 127237, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127237>
- PAREYN, F. G. C., ARAÚJO, E. L., DRUMMOND, M. A. *Mimosa caesalpinifolia*: Sabiá. In: PLANTAS PARA O FUTURO- REGIÃO-NORDESTE . **Embrapa Semiárido**, 2018. p. 759–765. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190118/1/Livro-Nordeste-759-65-2018.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.
- PASSOS, M. A.; TAVARES, K. M.P; ALVES, A. R. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 51-56, 2007. <https://org/10.5039/agraria.v2i1a542>
- PEREIRA, F. C., GOMES, J. M., DANTAS, A. R. D. O., OLIVEIRA, L. A. K. V. Avaliação do desenvolvimento de um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*, Benth.)(Fabaceae) no Agreste Paraibano. **Revista Principia**, (18), 48-54. 2011. <https://org/10.18265/1517-03062015v1n18p48-54>
- PESSOA, D. V., CUNHA, M. V., MELLO, A. C. L., SANTOS, M. V. F., FRACETTO, G. G. M., OLIVEIRA A. V. X., COELHO, J. J. Legume trees in an established tropical grass pasture increase deep-soil N stocks. **European Journal of Agronomy**, v.164, p. 127462, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127462>
- QIU, Y., WANG, Z., SUN, D., LEI, Y., LI, Z., & ZHENG, Y. Advances in water and nitrogen management for intercropping systems: Crop growth and soil environment. **Agronomy**, v. 15, n. 8, p. 2000, 2025.
- SALVADOR, K. R. S., SILVA, J. O. N., SOUZA SANTOS, J. P. A., LEITE, R. M. C., DE AVIZ, R. O., SANTOS, A. R. M., ... SILVA, T. G. F. Indicadores de eficiência biológica, habilidade competitiva e benefício econômico de sistemas de produção sustentável de forragem: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, p. 2730-2754, 2022.
- SALVADOR, S. K. R., JARDIM, A. M. D. R. F., ALVES, C. P., JÚNIOR, G. D. N. A., SILVA, M. J., DE SOUZA, L. F., SILVA, T. G. F. Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, p.103958, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.103958>
- SANTOS NETO, C. F., SILVA, R. G., MARANHÃO, S. R., BARRETO, C. M., LOPES, M. N., & CÂNDIDO, M. J. D. Morphological characteristics and yield of *Opuntia stricta* and *Nopalea cochenillifera* in integrated crop systems with caatinga trees. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 1, p. 59-68, 2023.
- SANTOS, A. R. M., BEZERRA, R. C. A., CORDEIRO, L. R. B. A., LEITE, M. L. M. V., SALVADOR, K. R. S., SOUSA, L. C., SILVA, T. G. F. Valor nutritivo de plantas forrageiras cultivadas no semiárido brasileiro: Uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1466-1489, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 8 set. 2025

SILVA, D. L. S., SILVA, M. V. V., PESSOA, J. P. M., SILVA, S. F., SILVA JUNIOR, J. L. R., SANTOS COUTO, M. S., SILVA, M. R. Composição química e disponibilidade de fitomassa em diferentes pastagens na época seca, chuvosa e transição. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 4, p. e7814448705-e7814448705, 2025.  
<https://doi.org/10.33448/rsd-v14i4.48705>

SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M. C.; CRUZ NETO, J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Area Do Cladódio De Clones De Palma Forrageira: Modelagem, Análise E Aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633–641, 2014.

SOUZA, M. D. S., JÚNIOR, G. D. N. A., SOUZA, L. S. B., JARDIM, A. M. D. R. F., ILVA, G. I. N., ARAÚJO, G. G. L., MACLAREN, C. Forage yield, competition and economic benefit of intercropping cactus and millet with mulch in a semi-arid environment. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 40, n. 2, p. 219-230, 2023.  
[https://hdl.handle.net/10520/ejc-ajrfs\\_v40\\_n2\\_a8](https://hdl.handle.net/10520/ejc-ajrfs_v40_n2_a8)

SOUZA, M. D. S., SILVA, T. G.F., SOUZA, L. S. B., ALVES, H. K. M. N., LEITE, R. M. C., SOUZA, C. A. A., SOUZA, P. J. D. O. P. Growth, phenology and harvesting time of cactus-millet intercropping system under biotic mulching. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, n. 6, p. 764-778, 2022.  
<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1852553>

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A pecuária é a principal atividade econômica dos estabelecimentos rurais não irrigados no Semiárido brasileiro, porém, as condições edafoclimáticas desafiadoras presentes na região, estão sendo agravadas por conta dos impactos das mudanças climáticas. Assim, existe uma forte necessidade da adoção de práticas de cultivo resilientes que possam garantir diversificação da produção de forragem, preservação dos solos e diversificação da renda das famílias locais.

No presente estudo, o consórcio não causou impactos negativos sob as características estruturais da palma forrageira e *Mimosa caesalpinifolia*. Além disso, a consorciação possibilitou uma complementaridade no rendimento de massa seca do sistema e otimizando a eficiência de utilização da água. Esses resultados são um indicio preliminar da existência de sinergia dessas culturas no uso de recursos naturais, como a água, refletindo em um maior aporte de forragem. Os índices de eficiência do consórcio reforçam essa afirmação, pois a consorciação demonstrou grande vantagem no uso da terra e do tempo, em relação aos monocultivos. Apoiado pelos índices de habilidade competitiva, que demonstraram que as interações entre espécies não afetaram o rendimento final do sistema.

Portanto, é possível afirmar que em relação a eficiência de utilização da terra, do aproveitamento da água e, de otimização de rendimento; o consórcio *Mimosa caesalpinifolia*-palma forrageira é estratégia viável para o Semiárido brasileiro. Nesse sentido, são necessários estudos de longo prazo para avaliar a resiliência e sustentabilidade desse sistema, além da necessidade do aprofundamento dos efeitos desse consórcio sob a fisiologia das espécies envolvidas. E por fim, os impactos sob as condições edáficas do sistema.