

JHEINY RAFAELE CARVALHO DE LIMA

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA  
PARA A DIVERSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO E A REDUÇÃO  
DA VULNERABILIDADE À SECA NA CAATINGA**

Serra Talhada-PE

2025

**L  
I  
M  
A  
  
J  
R  
C  
  
S  
I  
S  
T  
E  
M  
A  
S  
  
A  
G  
R  
O  
F  
L  
O  
R  
E  
S  
T  
A  
I  
S  
·  
·  
2  
0  
2  
5**

JHEINY RAFAELE CARVALHO DE LIMA

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA  
PARA A DIVERSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO E A REDUÇÃO  
DA VULNERABILIDADE À SECA NA CAATINGA**

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: Evaristo Jorge Oliveira de Souza  
Coorientador: José Ralison Inácio Silva

Serra Talhada-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

L732s Lima, Jheiny Rafaele Carvalho de.  
Sistemas agroflorestais como alternativa para a diversificação da produção e a redução da vulnerabilidade à seca na caatinga / Jheiny Rafaele Carvalho de Lima. - Serra Talhada, 2025.  
67 f.

Orientador(a): Evaristo Jorge Oliveira de Souza.  
Co-orientador(a): José Raliuson Inácio Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Florestas tropicais. 2. Sistemas silvipastoris. 3. Sustentabilidade. 4. Morfometria 5. Regiões áridas.  
I. Souza, Evaristo Jorge Oliveira de, orient. II. Silva, José Raliuson Inácio, coorient. III. Título

CDD 581.15

JHEINY RAFAELE CARVALHO DE LIMA

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA  
PARA A DIVERSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO E A REDUÇÃO  
DA VULNERABILIDADE À SECA NA CAATINGA**

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 18/02/2025.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza – UAST/UFRPE  
Orientador

---

Dr. José Ralison Inácio Silva – UAST/UFRPE  
Coorientador, Examinador Externo

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa – UAST/UFRPE  
Examinador Interno

*À minha querida sobrinha Lara, que transformou minha vida com sua chegada. Sua existência trouxe luz, amor e renovou meu propósito de viver, sua alegria e pureza iluminaram meus dias e me deram forças nas horas mais difíceis. Com todo meu amor e gratidão.*

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me guiar, fortalecer e abençoar durante toda a minha jornada.

Ao meu pai Edvânio, que, embora não esteja mais fisicamente presente, continua a fazer falta e a inspirar minha vida a cada dia.

À minha mãe Fátima, exemplo de força e perseverança, que enfrentou sozinha os desafios de criar a mim e à minha irmã. Sua dedicação e amor incondicional me levaram a realizar esse sonho. Agradeço por ser minha guia e inspiração. Esta conquista é nossa.

À minha irmã, minha companheira incansável e meu maior apoio. Sua disponibilidade, carinho e compreensão me sustentam em todos os momentos. Agradeço por cada palavra de incentivo, por estar ao meu lado em cada desafio e, acima de tudo, por me dar o presente mais precioso de todos: minha sobrinha. Sua generosidade e amor transformaram minha vida. Esta conquista também é sua.

A minha tia Neuma Carvalho e meu tio Francisco Avelar e ao meu primo e afilhado Rickson Carvalho por todo incentivo, preocupação e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

Ao meu namorado Manoel pelo apoio constante e pela paciência, sua presença foi fundamental em diversos momentos deste mestrado. Obrigada por me ouvir, por estar ao meu lado e por ser meu porto seguro.

Ao meu cunhado Emanuel pela disponibilidade de sempre me levar para as avaliações, por debater comigo sobre pesquisa e por me ouvir reclamar do cansaço.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

Ao Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza, pelo apoio e respeito de sempre, aprendi demais nesses dois anos de trabalho, obrigada por todas as palavras de incentivo e por confiar no meu trabalho. Agradeço demais pelas trocas de experiências e por tudo que foi compartilhado até aqui.

Ao meu coorientador Dr. José Raliuson Inácio Silva pela disponibilidade, por sempre estar disposto a ensinar e por sempre socorrer a mim e a minha equipe na hora do aperreio.

Ao Prof. Dr. Vicente Imbroisi Teixeira por mais uma vez fazer parte desse momento importante da minha vida, mais uma etapa com esse profissional ímpar e para mim será sempre um exemplo.

Agradeço à banca avaliadora pela disponibilidade em analisar este trabalho e pelas valiosas contribuições oferecidas.

Aos amigos de Pós, Juliana, Jandis, Leonardo, David, Lucas, Marcos, Ângela, Wilma, Iara, Pedro e Alexandre, obrigada pela amizade e força que sempre me deram.

Aos meus irmãos da Pós, Rodrigo Hemerson o dono do maior coração que esse mundo já viu, um poço de amor e dedicação, Nerissa Cumbana minha princesa de Moçambique a musa fitness do grupo e a maior incentivadora do “só se vive uma vez” que eu conheço e a Bianca Porfirio a mãe de Malu, a pagodeira de carteirinha a mais ajuizada e aquela que sempre tem razão, “fonte: vozes da minha cabeça”. Eu amo vocês demais, essa trajetória foi mais tranquila porque tinha vocês nela, obrigada por todo apoio incentivo e colo nos momentos de surto.

Ao meu braço direito durante toda o período de campo e em todos os momentos de análises laboratoriais, Claudenilde Pinheiro pela parceria, ombro amigo, puxões de orelha e pela troca de conhecimento durante todo esse período.

A Rodrigo, Luana e Ygor que foram essenciais para o desenvolvimento dessa pesquisa, serei sempre grata pela disponibilidade de vocês e por todo o tempo que se fizeram presentes e me auxiliaram faça chuva ou faça sol. Lembrei com carinho.

Ao meu grupo de pesquisa Rumiagro, e aos integrantes Agni, Welder, Arthur, Vinicius, Jonas, Dannuta, e Anderson, por me auxiliarem durante a pesquisa e por todo apoio e dedicação durante essa trajetória.

Aos tratadores, guardas, funcionários, pessoal da manutenção e motoristas que me auxiliaram durante todo o período experimental.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa, que foi fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada pela oportunidade de realizar meu mestrado em Produção Vegetal. Esse período foi essencial para meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Sou grato pelos conhecimentos, experiências e conexões adquiridos nessa instituição tão importante.

E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização dessa pesquisa.

O maior erro que você pode cometer é o de ficar o tempo todo com medo de cometer algum.

(Elbert Hubbard)

## RESUMO

A Caatinga, marcada por condições climáticas extremas e distribuição hídrica irregular, enfrenta desafios significativos para a produção agrícola. O desmatamento e as queimadas frequentes destroem a vegetação nativa, ameaçam a vida de animais e plantas e desequilibram o ecossistema local. Os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) surgem como uma alternativa sustentável para diversificar a produção, melhorar a forragem, aumentar o ganho de peso animal e reduzir a pressão sobre os recursos naturais. Apesar dos benefícios globais dos sistemas agroflorestais, sua aplicação na Caatinga ainda é limitada devido às características edafoclimáticas únicas da região. Dessa maneira, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes sistemas de integração lavoura pecuária no bioma Caatinga, focando na integração de culturas agrícolas e na criação de ovinos para identificar os sistemas mais produtivos e sustentáveis. O estudo, realizado em 2022 e 2023 em Serra Talhada-PE, avaliou três sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) na Caatinga com pecuária ovina: (i) feijão, (ii) milho e (iii) algodão herbáceo, comparados a pastagem nativa como controle. O experimento utilizou uma área de Caatinga raleada, enriquecida com gramíneas Buffel e Urochloa, e envolveu 21 ovinos machos não castrados (Santa Inês × Dorper), com seis meses de idade e peso médio inicial de 24,64 kg. Foram avaliados produção de forragem, características morfológicas das culturas e do capim, bromatologia, IAF e desempenho dos ovinos. Os sistemas de integração promoveram maior massa de forragem ( $P < 0,05$ ) quando comparados ao tratamento apenas com a pastagem de Caatinga. O sistema “(i) feijão” destacou-se pela sua capacidade de oferecer melhores resultados no desenvolvimento das culturas, maior crescimento das gramíneas forrageiras e melhor resultado para o ganho de peso dos ovinos. O milho, apesar de apresentar um crescimento inicial promissor, mostrou-se menos adaptável às condições de sombreamento e competição por recursos, resultando em senescência foliar e menor desempenho em comparação aos outros sistemas. A inclusão de sistemas de integração lavoura pecuária na Caatinga é uma alternativa promissora para a região, principalmente o sistema com a inclusão do feijão que proporcionou uma produtividade significativa do próprio feijão, o aumento da biomassa da área com o crescimento das gramíneas, além do maior ganho de peso dos animais. Reforçando a recomendação da inclusão do feijão nos sistemas de ILP na Caatinga.

**Palavras-chave:** Floresta tropical sazonalmente seca, sistema silvipastoril, Sustentabilidade, Morfometria, Semiárido.

## ABSTRACT

The Caatinga, characterized by extreme climatic conditions and irregular water distribution, faces significant challenges for agricultural production. Deforestation and frequent wildfires destroy native vegetation, threaten animal and plant life, and disrupt the local ecosystem. Integrated crop-livestock systems (ICLS) emerge as a sustainable alternative to diversify production, improve forage quality, increase animal weight gain, and reduce pressure on natural resources. Despite the global benefits of agroforestry systems, their application in the Caatinga remains limited due to the region's unique edaphoclimatic characteristics. This study aimed to evaluate the efficiency of different crop-livestock integration systems in the Caatinga biome, focusing on the integration of agricultural crops and sheep farming to identify the most productive and sustainable systems. The study, conducted in 2022 and 2023 in Serra Talhada-PE, assessed three crop-livestock integration systems with sheep farming in the Caatinga: (i) cowpea, (ii) maize, and (iii) herbaceous cotton, compared to native pasture as a control. The experiment was carried out in a thinned Caatinga area enriched with *Buffel* and *Urochloa* grasses and involved 21 uncastrated male sheep (Santa Inês × Dorper), six months old, with an initial average weight of 24.64 kg. Forage production, morphological characteristics of crops and grasses, bromatology, leaf area index (LAI), and sheep performance were evaluated. The integration systems resulted in higher forage mass ( $P < 0.05$ ) compared to the treatment with only native Caatinga pasture. The “(i) cowpea” system stood out for providing better crop development, greater growth of forage grasses, and improved sheep weight gain. Maize, although showing promising initial growth, was less adaptable to shading conditions and resource competition, leading to leaf senescence and lower performance compared to other systems. Incorporating crop-livestock systems in the Caatinga is a promising alternative for the region, especially the cowpea-based system, which showed significant productivity, increased biomass through grass growth, and greater animal weight gain. This reinforces the recommendation to include cowpea in ICLS in the Caatinga.

**Keywords:** Seasonally dry tropical forest, silvopastoral system, sustainability, morphometry, semi-arid.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização da área de estudo na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada. ....	24
<b>Figura 2</b> - Croqui da distribuição das parcelas e organização da área controle. ....	25
<b>Figura 3</b> - Temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa do ar (%), durante o período experimental de Março a Julho de 2022 e de Março a Julho de 2023, em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....	25
<b>Figura 4</b> - Variáveis biométricas da área útil (U) e da área controle (C) para as culturas agrícolas Algodão, Feijão e Milho testadas em Sistemas de integração lavoura pecuária no ano de 2022 e 2023 no Semiárido .....	35
<b>Figura 5</b> - Médias dos desdobramentos para os parâmetros de Capim Buffel e Corrente em diferentes Sistemas Agroflorestal no ano de 2022-2023 no semiárido brasileiro .....	37
<b>Figura 6</b> - Partição da massa seca e fresca total e do capim dos Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro nos anos de 2022 e 2023 .....	39
<b>Figura 7</b> - Massa fresca, seca e índice de área foliar de capim buffel e capim corrente em Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro no ano de 2022 e 2023 .....	40
<b>Figura 8</b> - Variáveis bromatológicas de gramíneas forrageiras Buffel grass e Urochloa grass em Sistemas Agroflorestais no Semiárido no ano de 2023 .....	42
<b>Figura 9</b> - Matriz de correlação entre as variáveis dos Sistemas Agroflorestais em relação ao peso dos ovinos introduzidos ao sistema.....	44
<b>Figura 10</b> - Análise de componentes principais do Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta no Semiárido Pernambucano .....	45

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Levantamento fitossociológico presentes na vegetação da Caatinga no local experimental, em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....26
- Tabela 2** - Parâmetros biométricos dos tratamentos Milho (Mi), Feijão (Fei), Algodão (Alg) e Caatinga (Caa, dos anos (2022 e 2023) e da interação AnoXTratamento em diferentes Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro nos anos de 2022 e 2023.....33
- Tabela 3** - Peso inicial, ganho de peso total, ganho de médio diário e peso corporal final de ovinos mantidos em sistemas Agroflorestais no bioma da Caatinga nos anos de 2022 e 2023.  
.....43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. HIPÓTESE.....</b>	<b>14</b>
<b>3. OBJETIVO .....</b>	<b>15</b>
3.1. OBJETIVO GERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
4.1. SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	15
4.2. CULTURAS AGRÍCOLAS E GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS .....	17
4.2.1. Milho .....	18
4.2.2. Algodão .....	19
4.2.3. Feijão .....	19
4.2.4. Capim-buffel.....	20
4.2.5. Capim corrente .....	20
4.3. BIOMA CAATINGA .....	20
4.4. AGROFLORESTA NA CAATINGA .....	22
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
5.1. ÁREA DE ESTUDO .....	23
5.2. PROCEDIMENTOS DE CONDUÇÃO EXPERIMENTAL .....	26
5.3. DESIGN E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS .....	27
5.3.1. Design experimental .....	27
5.3.2. Variáveis para o capim <i>Urochloa mosambicensis</i> (Hack.) Dandy e <i>Cenchrus ciliaris</i> L.....	29
5.3.3. Variáveis para as culturas agrícolas, <i>Vigna unguiculata</i> L., <i>Gossypium hirsutum</i> L. e <i>Zea mays</i> L. ....	29
5.3.4. Determinação de massa fresca e massa seca .....	30
5.3.5. Análise bromatológica dos componentes vegetais .....	30
5.3.6. Variáveis para os ovinos.....	31
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
6.1. RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS ENTRE GRAMÍNEAS E CULTURAS AGRÍCOLAS .....	32
6.2. MASSA DE FORRAGEM.....	37
6.3. PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) .....	39
6.4. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA .....	40
6.5. GANHO DE PESO DOS OVINOS .....	42
6.6. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS .....	44

<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
7.1. RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS .....	45
7.2. DISPONIBILIDADE DE FORRAGEM .....	48
7.3. PESO FINAL DOS OVINOS EM RESPOSTA AOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA.....	48
7.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR .....	50
7.5. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA.....	50
7.6. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS .....	52
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente aridez que afeta extensas áreas do planeta, correspondendo a aproximadamente 41% da superfície terrestre e servindo de habitat para mais de um terço da população mundial (Feng; Fu, 2013), configura um grave problema global. A intensificação da escassez hídrica nessas regiões está diretamente relacionada às mudanças climáticas globais, somada a outros fatores que agravam esse cenário (Chai *et al.*, 2021; Huang, Jianping; Yu; *et al.*, 2016). As projeções climáticas indicam um agravamento contínuo desse processo nas próximas décadas (Miao *et al.*, 2020; Spinoni *et al.*, 2021), impactando significativamente a dinâmica e a organização dos ecossistemas e comprometendo a capacidade desses ambientes de oferecer suporte vital às comunidades humanas que neles residem.

Mesmo em um cenário otimista, que prevê a contenção do aumento da temperatura média global em 1,5 °C até 2100, as projeções apontam para um aumento de até 38% nas áreas semiáridas (Spinoni *et al.*, 2021). Em uma perspectiva menos favorável, com uma elevação de 2 °C até o final deste século, essa expansão territorial poderá atingir um patamar alarmante de 78% em relação às dimensões atuais (Huang, J. *et al.*, 2017; Huang, Jianping; Ji; *et al.*, 2016; Rajaud; Noblet-Ducoudré, 2017). Essa progressão tende a se concentrar principalmente em países em desenvolvimento (Huang, Zhiqun *et al.*, 2016), com o potencial de impactar até 70% das áreas áridas destinadas à produção agrícola em escala global (Jones, Nicola, 2011; Milesi *et al.*, 2010).

No contexto brasileiro, o Semiárido se estende por nove estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais, abrangendo 12% do território nacional e abrigando cerca de 28 milhões de pessoas, distribuídas entre áreas urbanas (62%) e rurais (38%). Essa região é considerada um dos semiáridos mais densamente povoados do mundo (Costa; Sant'Anna; Young, 2023) e também uma das áreas com maior vulnerabilidade socioeconômica, onde grande parte da população se dedica à agricultura, especialmente à agricultura de sequeiro, altamente dependente dos recursos naturais disponíveis e com baixos níveis de tecnologia (Lindoso *et al.*, 2014).

A Caatinga, o mais biodiverso dos biomas semiáridos do mundo (Arnan *et al.*, 2018; Ferreira *et al.*, 2020), enfrenta desafios únicos. Suas condições climáticas extremas, com altas temperaturas e baixa umidade, resultam em um ciclo hídrico peculiar: cerca de 88% da água das chuvas evapora, enquanto apenas 3% contribuem para o escoamento superficial; (Campos, José Nilson B., 2011; WWF BRASIL, 2017). Essa característica torna a região extremamente

vulnerável a períodos de seca. Esse cenário, torna a Caatinga um ecossistema frágil e dependente de estratégias de conservação específicas para preservar sua rica biodiversidade (Barbosa, 2023).

Sob essa ótica, o uso de técnicas sustentáveis como os sistema de integração lavoura pecuária mostra-se promissor. Os sistemas de integração lavoura pecuária, segundo Araújo Filho et al. (2006) e, (Ramachandran Nair *et al.*, 2010; Rodrigues Maia, 2023), oferecem diversos benefícios, como a diversificação da produção, a melhoria da fertilidade do solo, aumentar a oferta de forragem, melhoria da renda e a qualidade de vida dos agricultores e a redução da degradação ambiental. Além disso, ao fixarem carbono na biomassa e no solo, os sistemas de integração lavoura pecuária contribuem para mitigar as mudanças climáticas (Barbosa, 2023).

Sob a perspectiva da adaptação, a agrofloresta desempenha um papel essencial ao enriquecer a matéria orgânica do solo, melhorando sua capacidade de retenção hídrica e garantindo maior disponibilidade de água (Aertsens et al., 2013; Sánchez et al., 2015) . Essas características tornam-se ainda mais cruciais diante do agravamento da aridificação climática (Parlamento Europeu, 2017). Além disso, a integração de árvores e a diversificação de espécies nos sistemas agrofloretais oferecem maior resiliência a culturas agrícolas, pastagens e rebanhos, resguardando-os contra fenômenos climáticos extremos, como ondas de calor e ventos fortes.

A Caatinga, marcada por uma vegetação predominantemente arbustiva e arbórea de baixo valor nutricional, impõe desafios à criação de caprinos e ovinos na região (Formiga *et al.*, 2012). A dieta limitada desses animais, composta principalmente pelas espécies nativas, evidencia a necessidade urgente de práticas de manejo que visem melhorar a qualidade nutricional dos pastos e, conseqüentemente, a produtividade dos rebanhos (Filho *et al.*, 2013; Simões *et al.*, 2021). A implantação de sistema de integração lavoura-pecuária surge como uma alternativa promissora, exigindo, no entanto, uma cuidadosa seleção de espécies, um planejamento adequado do espaçamento entre plantas e a escolha de locais apropriados para garantir o sucesso da iniciativa. (Couto *et al.*, 2016; Formiga *et al.*, 2012). Apesar dos benefícios comprovados das agroflorestas em diversas regiões do mundo, a aplicação desses sistemas na Caatinga ainda é incipiente.

## **2. HIPÓTESE**

Os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) surgem como uma alternativa sustentável para diversificar a produção, melhorar a forragem, aumentar o ganho de peso animal e reduzir a pressão sobre os recursos naturais.

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desempenho de três sistemas de integração lavoura pecuária, comparativamente à condição natural (Caatinga enriquecida), após dois anos de uso na região semiárida pernambucana com o objetivo de fornecer subsídios para o desenvolvimento de práticas de manejo mais sustentáveis nesse bioma

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Caracterizar as gramíneas forrageiras mais adequadas para o sistema de integração lavoura-pecuária na Caatinga, levando em consideração fatores como crescimento rebrota e massa de forragem;

Avaliar o desempenho agrônomico das culturas agrícolas e das gramíneas forrageiras selecionadas, considerando parâmetros como produtividade, ciclo de crescimento, produção de massa de forragem.

Avaliar o ganho de peso dos animais inseridos nos Sistemas Agroflorestais em dois anos consecutivos.

### **4. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **4.1. SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

No que diz respeito à utilização do solo, um sistema se refere a um padrão específico de utilização da terra em uma região, caracterizado com base em sua natureza biológica e técnica ou em seus aspectos socioeconômicos (Terasaki Hart *et al.*, 2023).

Diversas definições podem ser empregadas para descrever e caracterizar os Sistemas Agroflorestais (SAFs), no entanto, a mais amplamente aceita talvez seja aquela proposta por (NAIR, 1984) em que “Sistema Agroflorestal” é uma denominação abrangente para sistemas de uso da terra que integram árvores, cultivos e/ou animais em uma única parcela de terreno. Esse método alia a geração de múltiplos resultados à conservação dos recursos essenciais, enfatizando o emprego de árvores e arbustos nativos e versáteis.

A agrofloresta é especialmente apropriada para regiões com menor pressão sobre os recursos naturais e ambientes delicados. Além disso, implica uma interação mais acentuada de valores socioculturais em comparação com a maioria dos demais sistemas de uso da terra e se destaca por sua complexidade estrutural e funcional superior à monocultura (Fahad *et al.*, 2022; Kay *et al.*, 2019; Wilson; Lovell, 2016).

Assim, existem três tipos básicos de sistemas agroflorestais que se evidenciam de acordo com a composição, propósito ou função para os quais a atividade é direcionada. A agrossilvicultura é composta por espécies florestais e agrícolas, ou seja, a combinação de árvores e palmeiras, nativas ou introduzidas com cultivos agrícolas; silvopastoris formados por componentes florestais e atividades de pecuária combinação de árvores, arbustos ou palmeiras com plantas forrageiras herbáceas (ervas e capins) e animais; agrossilvipastoris formados por elementos agrícolas, florestais e atividades de pecuária (MARTINS, 2013). Na maioria das vezes, a implantação do sistema é realizada a partir do plantio de árvores na pastagem durante ou após o cultivo agrícola. Outros sistemas especializados também podem ser definidos, por exemplo, apicultura com árvores, aquicultura envolvendo árvores e arbustos e assim por diante.

A agrofloresta, definida por (Dixon *et al.*, 1994) como a integração de plantas perenes lenhosas em sistemas agrícolas, representa uma abordagem inovadora e sustentável para a produção de alimentos e outros produtos. Ao combinar elementos da agricultura e da floresta, os sistemas agroflorestais oferecem uma ampla gama de benefícios, como a diversificação da produção, a melhoria da qualidade dos produtos, a redução do uso de insumos externos e a promoção da sustentabilidade ambiental. Além disso, as práticas de agrofloresta demonstram grande potencial para a recuperação de áreas degradadas e a restauração da multifuncionalidade das paisagens (Quandt *et al.*, 2019)

A crescente demanda por alimentos, aliada aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental, tem impulsionado a busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) emergem como uma alternativa promissora, conciliando a produção agrícola com a conservação ambiental. Ao integrar árvores, arbustos e culturas agrícolas em um mesmo sistema, os SAFs promovem uma série de benefícios, como a melhoria da qualidade do solo, a conservação da água, a diversificação da produção e a promoção da biodiversidade (Rieple *et al.*, 2010) .

A cobertura vegetal diversificada proporcionada pelos SAFs reduz a erosão do solo, aumenta a infiltração de água, modera o microclima e contribui para a ciclagem de nutrientes. A presença de árvores e arbustos fornece sombra e abrigo para a fauna, promovendo a

biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados, como a polinização e o controle biológico de pragas (Pal R, 2014; Sinclair, 1999). Além disso, a diversificação da produção em SAFs pode gerar renda adicional para os agricultores, aumentando a segurança alimentar e contribuindo para a resiliência dos sistemas produtivos frente a eventos climáticos extremos (Sinclair, 1999).

A exploração da complementaridade entre diferentes espécies vegetais é um dos pilares dos SAFs. As interações entre as plantas, como a fixação biológica de nitrogênio, a alelopatia e a micorrização, promovem sinergias ecológicas que beneficiam todo o sistema. Essa complementaridade permite otimizar o uso do espaço, dos nutrientes e da água, aumentando a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas (Caniato *et al.*, 2012).

Apesar dos inúmeros benefícios, a adoção de SAFs ainda enfrenta desafios, como a necessidade de adaptação das técnicas de manejo às diferentes condições locais, a escassez de informações técnicas e a resistência de alguns agricultores a mudanças nas práticas tradicionais. No entanto, a crescente demanda por alimentos saudáveis e produzidos de forma sustentável, aliada ao apoio de políticas públicas e instituições de pesquisa, abre novas perspectivas para o desenvolvimento e a expansão dos SAFs (Pal *et al.*, 2018).

Embora seja reconhecido que a combinação adequada de espécies possa gerar benefícios como a melhoria da fertilidade do solo, a regulação do microclima e a diversificação da renda, ainda há lacunas no conhecimento sobre as interações entre as diferentes componentes desses sistemas (Zhang *et al.*, 2018). A escolha de espécies de culturas com características fisiológicas específicas é crucial para otimizar o desempenho dos sistemas agroflorestais. É necessário aprofundar os estudos sobre os mecanismos que regulam as interações entre árvores e culturas, como a competição por água, nutrientes e luz, e os efeitos alelopáticos (Quandt *et al.*, 2019). Além disso, a seleção de espécies deve considerar as características do ambiente, as necessidades do agricultor e os mercados para os produtos (Zhang *et al.*, 2018).

#### 4.2. CULTURAS AGRÍCOLAS E GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS

Culturas agrícolas desempenham funções fundamentais na agricultura, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e as gramíneas forrageiras têm um papel crucial na pecuária, fornecendo alimento nutritivo para o gado em pastagens. Essa interação complexa entre culturas agrícolas e gramíneas forrageiras não só atende às necessidades alimentares humanas e animais, mas também desempenha um papel vital em vários setores econômicos (Bungenstab e DJ, 2012).

#### 4.2.1. Milho

O milho (*Zea mays* L.), planta da família Poaceae, tem ampla distribuição global devido à sua adaptação a vários climas. É relevante na alimentação humana e animal devido a suas qualidades nutricionais, como alto valor energético e presença de quase todos os aminoácidos (Costa et al., 2013). Com potencial de produção elevado, é utilizado na alimentação animal através de silagem ou grãos, aceitos pelos animais, servindo como alimento em períodos escassos ou como suplemento para ruminantes (Tharangani *et al.*, 2021). O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil e sua produção ocorre em diferentes épocas do ano e condições climáticas específicas.

A integração do milho em sistemas agroflorestais (SAFs) surge como uma promissora estratégia para conciliar produção agrícola e conservação ambiental. No entanto, a implementação bem-sucedida desses sistemas exige atenção a diversos fatores, incluindo a competição por recursos entre as diferentes plantas e a necessidade de um planejamento cuidadoso do arranjo espacial das árvores (Almeida et al., 2021).

A integração do milho em sistemas agroflorestais (SAFs) tem sido estudada como uma alternativa sustentável para a produção agrícola, combinando culturas agrícolas com espécies arbóreas para promover benefícios ambientais, econômicos e sociais. O cultivo de milho em sistemas agroflorestais oferece uma alternativa sustentável que pode melhorar a produtividade e a sustentabilidade ambiental. No entanto, a competição por recursos e a necessidade de arranjos específicos de árvores são desafios que precisam ser gerenciados para maximizar os benefícios.

O milho é uma planta de metabolismo C4, ou seja, apresenta maior concentração de CO<sub>2</sub> no sítio ativo da Rubisco, mantendo alta concentração de CO<sub>2</sub> /O<sub>2</sub> e eliminando a fotorrespiração (Taiz *et al.*, 2017), que advém de locais com intensa radiação solar. Assim quando cultivado em ambientes sombreados, típicos de muitos SAFs, sua produtividade pode ser comprometida devido à redução da taxa fotossintética (Baier et al., 2023; Magalhães et al., 1995). Estudos indicam que o sombreamento pode afetar negativamente o crescimento, a área foliar e a produção de biomassa do milho. Portanto, compreender os efeitos do sombreamento sobre o milho é fundamental para otimizar o desempenho dessa cultura em sistemas agroflorestais (Baier *et al.*, 2023; Dilla *et al.*, 2018; Schulz *et al.*, 2018).

Além disso, estudos têm demonstrado que o sombreamento pode promover alterações nas características de crescimento das plantas, como taxa de crescimento absoluto e taxa de

assimilação, índice de área foliar, produção de biomassa e teor de proteína do milho (Pezzopane *et al.*, 2019).

#### 4.2.2. Algodão

Pertencente à família Malvaceae, o algodoeiro é uma planta resistente e adaptável, cultivada em mais de 100 países e sendo a principal fonte de fibra natural para a indústria têxtil (AMPA, 2021). O Brasil se destaca como o quarto maior produtor mundial e o segundo maior exportador de algodão sendo o único país capaz de expandir tanto a área plantada quanto a produtividade, tornando-se cada vez mais relevante no cenário mundial (Severino *et al.*, 2019).

A produção de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) está em ascensão no Brasil, consolidando o país como o quarto maior exportador e o quinto maior produtor mundial, ficando atrás apenas da Índia, China, Estados Unidos e Paquistão (USDA, 2024). Apesar das disparidades regionais na produção, o Brasil lidera em produtividade de algodão em sequeiro, alcançando 1,57 milhões de toneladas de pluma. Genótipos recentes apresentam porte reduzido e arquitetura compacta, adaptando-se eficientemente ao manejo e resultando em elevada produção (ICAC, 2022).

O mesmo demanda condições climáticas específicas para seu desenvolvimento. A temperatura, por exemplo, desempenha um papel crucial em todas as fases do cultivo. Valores entre 25 e 30°C são considerados ideais para o crescimento vegetativo e a floração. (Li *et al.*, 2021). É importante ressaltar que temperaturas noturnas elevadas podem atrasar o florescimento, enquanto temperaturas diurnas amenas tendem a estimulá-lo. Além da temperatura, a necessidade hídrica do algodoeiro é considerável, variando conforme o estágio fenológico e a área foliar (Ayankojo *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020).

#### 4.2.3. Feijão

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa granífera essencial, destaca-se por sua capacidade de adaptação a condições adversas e por sua alta produtividade em sistemas de baixa intensidade (Júnior *et al.*, 2017). Seus grãos, ricos em proteínas de alta qualidade, como a lisina e o triptofano ((Farooq *et al.*, 2020; Ibro *et al.*, 2014), contribuem significativamente para a dieta de milhões de pessoas em todo o mundo, especialmente em regiões com insegurança alimentar. Esta leguminosa tem sido usada na dieta humana e também como forragem para animais (Ehlers *et al.*, 1997).

A inserção do feijão-caupi em sistemas de rotação de culturas revela-se uma prática promissora para a agricultura sustentável. Além de fornecer uma fonte de proteína de alta

qualidade para a alimentação animal, por meio de sua folhagem, essa leguminosa contribui significativamente para a melhoria da fertilidade do solo (Daryanto et al., 2015).

A fixação biológica do nitrogênio, um processo característico das leguminosas, permite a incorporação desse nutriente essencial ao solo, reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos e minimizando os impactos ambientais associados ao seu uso (Ehlers 1997). Dessa forma, o feijão-caupi emerge como uma cultura estratégica para a diversificação agrícola e para a promoção da sustentabilidade dos agroecossistemas.

#### 4.2.4. Capim-buffel

O capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), originário da África, é uma gramínea perene com altura entre 0,6 e 1,5 m, dependendo das condições de cultivo e da variedade. Adaptado a condições de seca, é amplamente cultivado em regiões semiáridas, mantendo-se verde durante a estiagem com boa produtividade e qualidade (Mansoor *et al.*, 2019). Devido ao seu alto valor nutritivo, digestibilidade e palatabilidade, o capim-buffel é essencial em regiões de clima seco, como o semiárido brasileiro. Possuindo boa capacidade de rebrota e raízes profundas, pode ser utilizado na forma de silagem, feno, sendo preferível para o pastejo direto. Quanto à composição bromatológica, esta varia com a idade de corte, cultivar e regime hídrico (Moreira, José Armando de Sousa *et al.*, 2015).

#### 4.2.5. Capim corrente

O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), uma gramínea perene de origem africana, adapta-se a climas secos e quentes, prosperando em regiões com precipitação inferior a 500 mm ano<sup>-1</sup> (Leite *et al.*, 2017). Com crescimento variável, frequentemente apresenta estolões ou rizomas de até um metro de altura. A propagação ocorre principalmente por sementes, mas também por transplante de rizomas. O plantio pode ser feito em sulcos, covas ou a lanço, com a quantidade de sementes variando de 5 a 10 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo do espaçamento e método escolhido (Bezerra *et al.*, 2019). A produtividade de matéria seca varia conforme o regime hídrico e a fertilidade do solo, atingindo de 1.961,4 a 4.350,4 kg ha<sup>-1</sup> na região semiárida. A composição químico-bromatológica é pouco explorada na literatura, especialmente em condições semiáridas, e as referências disponíveis são antigas (Oliveira et al., 2016).

### 4.3. BIOMA CAATINGA

A Caatinga é um domínio exclusivamente brasileiro, que predomina no Nordeste do país. Caracterizado por um clima semiárido, com longos períodos de seca e temperaturas

elevadas, a região abriga uma biodiversidade muito rica e diversificada. São registradas cerca de 4.657 espécies de plantas com sementes, das quais 913 (19,7%) são espécies endêmicas, concentradas principalmente nas serras Diamantina e do Araripe. As condições climáticas e a escassez de recursos hídricos representam desafios iminentes para a prática agrícola e pecuária nessa região (Manhães *et al.*, 2016; Silva, Augusto C.; Souza, 2018).

O Semiárido brasileiro possui 981 mil km<sup>2</sup>. Aproximadamente, 89,5% desta área está inserida na Região Nordeste (IBGE, 2023). Estima-se que 30 milhões de pessoas, ou cerca de 15% da população nacional habitam nessa região, sendo que cerca de 38% estão nas zonas rurais (Medeiros *et al.*, 2014). São números que fazem do conjunto dessas áreas, a região seca mais populosa do mundo (Marengo, 2008).

No planeta terra as regiões semiáridas, são aquelas em que o aporte de água pelas precipitações é inferior às perdas por evaporação e transpiração vegetal. Compreendem 1/3 das massas continentais do planeta – cerca de 5,0 bilhões de hectares –, abrigam 1,0 bilhão de pessoas e são responsáveis por 22% da produção de alimentos (Silva *et al.*, 2023).

Na região Nordeste do Brasil, a pecuária é predominantemente voltada para a criação de bovinos, caprinos e ovinos, que representam aproximadamente 11,7%, 96% e 71,2% dos respectivos plantéis nacionais (CompreRural, 2024; IBGE, 2024). A região da Caatinga abriga uma parcela significativa desses rebanhos, evidenciando a importância da atividade pecuária para os residentes rurais que vivem nesse bioma (Araújo Filho, 2013). A criação de animais na região Nordeste destina-se principalmente à produção de carne e leite, desempenhando um papel fundamental como fonte de renda para as famílias rurais (Santos *et al.*, 2011).

Destaca-se na silvicultura a utilização da madeira como fonte de energia, sendo a segunda fonte mais utilizada na matriz energética, logo após a energia elétrica. Isso resulta em uma dependência dos recursos florestais (Coelho Junior *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023). Além do uso da madeira como lenha e carvão, a vegetação lenhosa da Caatinga é aproveitada para a produção de estacas utilizadas na confecção de cercas e varas que dão suporte às plantações (Coelho e Ximenes, 2020).

A vegetação nativa do semiárido demonstra resiliência frente às condições climáticas características, desempenhando um papel fundamental na vida das comunidades rurais por meio de diferentes características, tais como frutíferas, medicinais, melíferas e para construção civil (Baracuh *et al.*, 2017).

No contexto do semiárido, o desenvolvimento de ações adaptadas tem se mostrado um aliado importante para o manejo do solo, o uso eficiente da água da chuva e o cultivo de diversas

culturas (Maia et al., 2018). A capacidade de resiliência das safras em relação à seca depende das práticas de manejo adaptados, as quais têm um impacto direto na produtividade das culturas, tornando a produção econômica viável (Freitas *et al.*, 2019).

As características específicas das culturas agrícolas e das gramíneas forrageiras que melhor se adaptam as condições presentes nesse domínio ainda não foram devidamente estudadas e caracterizadas. Isso inclui informações sobre os ciclos de crescimento, a produtividade, a resistência a pragas e doenças, a demanda hídrica e os requisitos nutricionais dessas plantas.

O desmatamento crescente no Bioma Caatinga está causado em processos de desertificação em várias regiões, causando impactos diretos na biota, no microclima e nos solos. É essencial desenvolver técnicas de pesquisa que possam fornecer informações sobre o estado dos recursos naturais, destacando suas sugestões e sugerindo abordagens eficazes para uma intervenção que promova a recuperação e o uso sustentável das terras nesse ambiente (Silva, Augusto C.; Souza, 2018).

A recuperação das áreas desmatadas na Caatinga é um processo extremamente lento. Estudos que comparam áreas com diferentes graus de preservação indicam que pode levar 50 anos para que a vegetação se recupere completamente após um episódio de desmatamento (Araujo *et al.*, 2023).

A vegetação lenhosa da caatinga, em sua maioria formada por espécies caducifólias no período seco, adiciona ao solo cerca de quatro toneladas de matéria seca de folhas e galhos, contribuindo, assim, com um papel fundamental na reciclagem de nutrientes.

A implementação de práticas de manejo seguido, a restauração de áreas degradadas e a promoção da conservação são passos essenciais para proteger a biodiversidade, preservar os serviços ecossistêmicos e promover o bem-estar das comunidades que dependem desse bioma único (Souza et al., 2015).

#### 4.4. AGROFLORESTA NA CAATINGA

Uma alternativa para aqueles que otimizam suas áreas produtivas e reduzem os riscos associados à dependência da monocultura é adotar os Sistemas Agroflorestais (SAF). Esses sistemas são modelos que promovem o aumento da produtividade agrícola ao combinar culturas de diferentes ciclos, espécies florestais e/ou animais em uma mesma área. Os SAF têm como objetivo principal a preservação ambiental, ao mesmo tempo em que se mantem produtivos,

gerados em menor necessidade de investimento em insumos por parte do produtor (Bosqueiro et al., 2017).

Estudos têm evidenciado os benefícios da integração lavoura-pecuária (ILP) ao proporcionar uma interação entre solo, planta e animal. No entanto, é crucial possuir um bom conhecimento do comportamento das espécies a serem escolhidas nos sistemas integrados, a fim de evitar perdas de produtividade nas culturas de grãos e na formação da pastagem, decorrente da competição entre elas (Vilela *et al.*, 2003).

Na região semiárida do Nordeste, a pecuária segue o modelo de exploração misto, com cerca de 90% das propriedades criando bovinos, caprinos e ovinos, simultaneamente. O regime de criação é predominantemente extensivo, baseado em condições de sobrepastejo, constituindo a vegetação da caatinga a principal e, em muitos casos, a única fonte de alimento para os rebanhos (Araújo Filho, 2013). A disponibilidade insuficiente, aliada à baixa qualidade da forragem, principalmente no período seco, resulta nos baixos índices de produção e produtividade dos animais. Para se ter uma ideia, a capacidade de suporte para bovinos da maioria dos sítios ecológicos da caatinga é de 10-12 ha/animal/ano, com a produção anual de 8 kg de peso vivo animal por hectare (Araújo Filho, 2013).

A atividade agropecuária desempenha um papel significativo na emissão de gás metano (Ross et al., 2021), no entanto, quando combinada com a prática de ILPF, consegue desempenhar um papel importante na promoção do sequestro de carbono, bem como na redução das emissões de óxido nitroso e metano provenientes dos ruminantes (Gontijo Neto et al., 2018).

Em resumo, o estudo dos SAF é justificado pela necessidade de desenvolver práticas agrícolas e pecuárias mais eficientes, pensativas e adaptadas ao ambiente semiárido, visando o aumento da produção, a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico da região.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

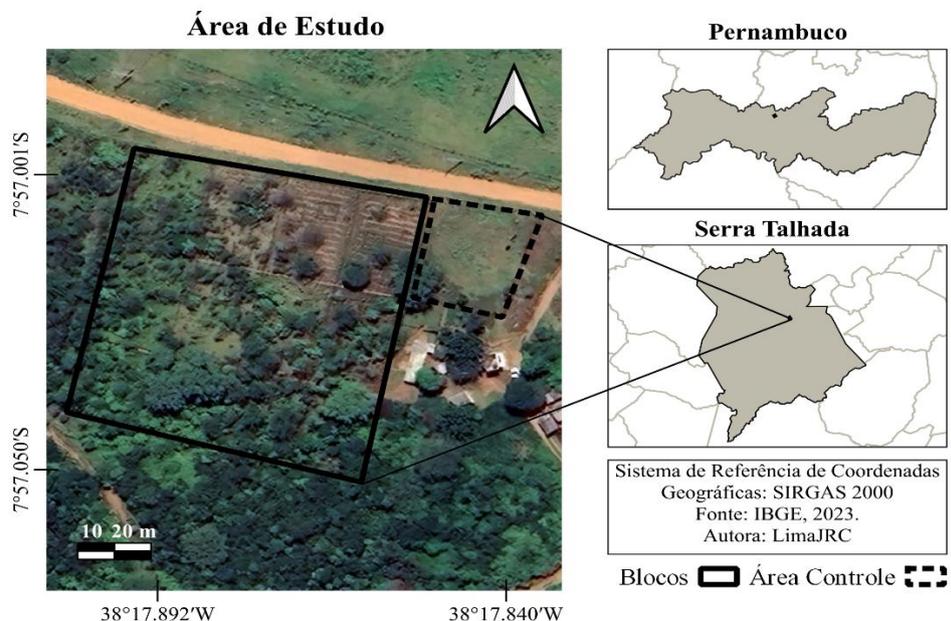
### **5.1. ÁREA DE ESTUDO**

O presente estudo foi conduzido nas dependências Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) (Figura 1). A área experimental, caracterizada como Caatinga raleada, e foi submetida a um processo de enriquecimento com as gramíneas capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e capim Urochloa (*Urochloa mosambicensis* Salm-Dyck) (Figura 1).

O local está situado na região norte do Estado de Pernambuco, porção semiárida do Brasil, a uma latitude de 07°59' Sul, longitude de 38°18' Oeste e 435 m acima do nível do mar (Figura 1). As condições climáticas da região, classificadas como BShw (semiárido quente) segundo Köppen (Beck et al., 2018), demonstram um ambiente com temperatura média anual superior a 25°C, radiação global média de 17,74 MJ m<sup>-2</sup>, umidade relativa do ar em torno de 64,85% e índice pluviométrico anual de 642 mm, dados estes provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, situada a 548 m da área destinada ao experimento.

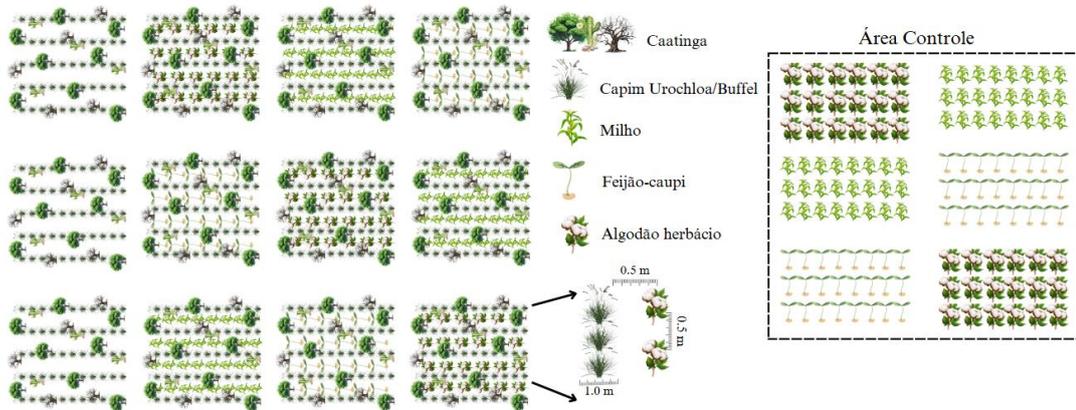
A estrutura experimental compreendeu uma área total de 7.200 m<sup>2</sup> (dimensões de 90 m por 80 m), subdividida em 12 piquetes com área individual de 584 m<sup>2</sup> (29,20 m por 20 m), além de uma área controle de 192 m<sup>2</sup> (Figura 2). Foram utilizadas 3 culturas que desempenha um papel fundamental na produção de alimentos, a cultura do milho e feijão espécies amplamente cultivadas na região Nordeste do Brasil devido à sua importância agrícola, econômica e social e o algodão que teve seu auge no século XX, sendo conhecido como o “ouro branco do Nordeste”.

**Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada.



**Fonte:** Autora, 2024

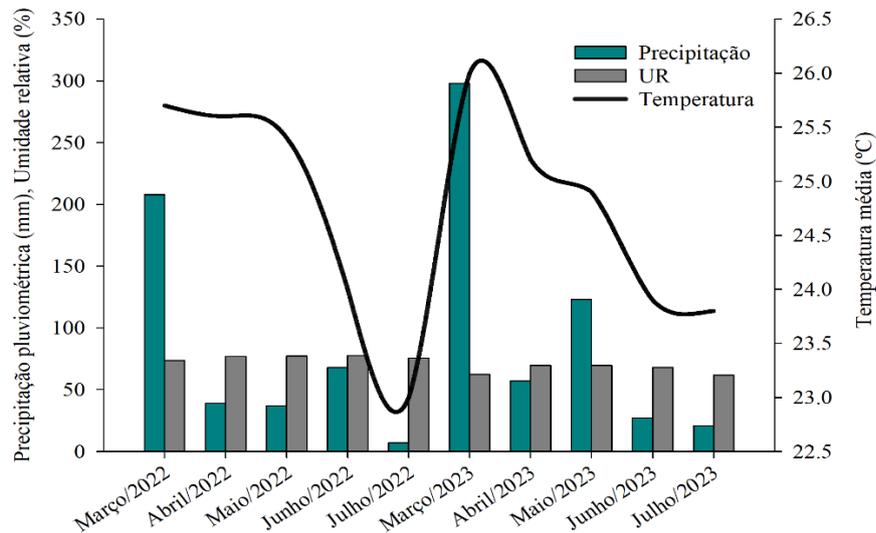
**Figura 2** - Croqui da distribuição das parcelas e organização da área controle.



Fonte: Autora, 2024

Os registros meteorológicos foram coletados durante o período experimental por uma estação meteorológica automatizada, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada nas dependências da unidade (Figura 3). A análise dos registros de precipitação revelou que o acumulado durante o experimento ultrapassou os 885 mm. Destaca-se que o mês de março de 2023 registrou a maior precipitação, superando os 190 mm.

**Figura 3** - Temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa do ar (%), durante o período experimental de Março a Julho de 2022 e de Março a Julho de 2023, em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil



Fonte: Autora, 2024

As chuvas são escassas e mal distribuídas, ocorrem em maior volume no verão e a média histórica anual é de aproximadamente 642,2 mm (INMET, 2018). Realizado durante dois anos consecutivos, o estudo envolveu duas fases de pastoreio. O primeiro ciclo, entre março e julho

de 2022, teve 130 dias de duração, com 90 dedicados a semeadura e estabelecimento das culturas forrageiras, antecedendo o período de pastejo dos cordeiros nos piquetes experimentais, que perdurou por 40 dias. O segundo ciclo, também executado entre março e julho, mas em 2023, totalizou 139 dias. Destes, a etapa de implantação das culturas consumiu 98 dias, enquanto os 41 dias restantes foram destinados ao pastejo dos ovinos.

## 5.2. PROCEDIMENTOS DE CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Na área experimental composta por Caatinga foi realizado um levante fitossociológico das espécies (Tabela 1).

**Tabela 1** - Levantamento fitossociológico presentes na vegetação da Caatinga no local experimental, em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.
Capparaceae	<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo & Iltis
Convolvulaceae	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.
Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.
Euphorbiaceae	<i>Croton sonderianus</i> Müll. Arg.
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan
Fabaceae	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.
Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i> Benth.
Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i> Steud.
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex J.A. Schmidt) Lundell
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.
Poaceae	<i>Urochloa mosambicensis</i> (Hack.) Dandy
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.
Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd.) DC.
Sterculiaceae	<i>Melochia tomentosa</i> L.

Para assegurar a uniformidade inicial da pastagem, os capins Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e Urochloa (*Urochloa mosambicensis* Salm-Dyck) foram rebaixados a uma altura de 10 cm

previamente ao início da pesquisa. A operação de corte foi executada com o auxílio de uma roçadeira costal, sendo o material resultante utilizado como cobertura do solo.

A configuração espacial da área experimental envolveu a delimitação de faixas destinadas ao cultivo, com um metro de largura e 26 metros de comprimento, intercaladas por áreas de dois metros de largura e igual comprimento, ocupadas pelas gramíneas *Buffel* e *Urochloa*. O processo de semeadura das culturas foi realizado em covas, com a deposição de cinco, quatro e três sementes por cova para algodão, milho e feijão, respectivamente. O espaçamento adotado nos sistemas de integração lavoura-cultura (ILC) foi de um metro entre as linhas de plantio, 0,5 metros entre as plantas dentro da linha e 0,5 metros entre a cultura e as plantas forrageiras. As densidades de semeadura estabelecidas foram de 30.000 plantas por ha<sup>-1</sup> para feijão, 40.000 plantas por ha<sup>-1</sup> para milho e 50.000 plantas por ha<sup>-1</sup> para algodão.

A investigação comparou três sistemas de ILC implementados no bioma Caatinga com um tratamento controle, constituído exclusivamente por pastagem nativa da Caatinga. As culturas empregadas na composição dos sistemas ILC foram feijão (cultivar BRS Pujante), milho (cultivar BRS Catingueiro) e algodão herbáceo (cultivar BRS Aroeira). A cultivar BRS Pujante, pertencente ao grupo feijão-caupi, apresenta ciclo perene, grãos e vagens alongadas, sendo indicada para cultivo em regime de sequeiro. A cultivar BRS Catingueiro caracteriza-se como uma variedade de milho superprecoce, minimizando os riscos de estresse hídrico durante as fases fenológicas mais críticas. A cultivar BRS Aroeira, por sua vez, configura-se como uma variedade de algodão de ciclo médio-curto, também recomendada para plantio em condições de sequeiro. A distribuição dos tratamentos nos piquetes experimentais foi realizada de forma aleatória.

As variáveis mensuradas nas culturas agrícolas foram comparadas com uma área controle, que apresenta apenas o plantio das mesmas (feijão, milho e algodão) sem a presença dos capins e da Caatinga, com o intuito de comparar as análises biométricas e a produtividade.

### 5.3. DESIGN E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 5.3.1. Design experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos, consistindo em quatro parcelas (piquetes) por bloco, totalizando 12 parcelas. Os e os tratamentos incluíram três sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) avaliados na Caatinga, envolvendo a pecuária ovina, o tratamento (1) feijão, (2) milho e (3)

algodão herbáceo. O tratamento (4) controle consistiu exclusivamente de pastagem nativa da Caatinga. O experimento foi conduzido em uma área de Caatinga raleada, enriquecida com gramíneas Buffel e Urochloa, com 24 cordeiros machos não castrados (cruzamento de Santa Inês × Dorper) com seis meses de idade e peso inicial médio de  $24,64 \pm 2,95$  kg.

As análises estatísticas foram realizadas no *Statistical Analysis System* (SAS, versão 9.1).

Um arranjo fatorial utilizando os anos de avaliação foi realizado para comparar as respostas dos sistemas em cada ano de análise.

$$Y_{ijk} = \mu + B_{k} + \alpha_{i} + \beta_{j} + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

- $Y_{ijk}$  é a variável resposta observada no nível  $i$  do fator A, nível  $j$  do fator B, e bloco  $k$ .
- $\mu$  é a média geral.
- $B_{k}$  é o efeito do bloco  $k$ .
- $\alpha_{i}$  é o efeito do nível  $i$  do fator A.
- $\beta_{j}$  é o efeito do nível  $j$  do fator B.
- $\alpha\beta_{ij}$  é a interação entre o nível  $i$  do fator A e o nível  $j$  do fator B.
- $\epsilon_{ijk}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$

Para avaliar simultaneamente duas ou mais variáveis dependentes e mitigar a complexidade inerente à análise multivariada, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). Esta técnica estatística multivariada tem como objetivo principal simplificar a interpretação de conjuntos de dados complexos, caracterizados por um grande número de variáveis, buscando identificar padrões subjacentes, resumir as informações mais relevantes e reduzir a dimensionalidade dos dados, preservando, ao máximo, a variabilidade original.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada com a padronização prévia dos dados, garantindo que todas as variáveis tivessem a mesma escala. Esse método simplifica a análise ao transformar as variáveis originais em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas. O processo foi conduzido no software R. Para a comparação das médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os gráficos foram gerados no programa SigmaPlot 14.0.

### 5.3.2. Variáveis para o capim *Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy e *Cenchrus ciliaries* L.

Para determinar as variáveis morfológicas comprimento do perfilho, diâmetro do perfilho, comprimento, largura e número de folhas expandidas em expansão e senescente e número de perfilhos foi utilizada a técnica dos perfilhos marcados (Carrere; Louault; Soussana, 1997). Essa técnica envolve a contagem e medição de diferentes tipos de lâminas foliares, incluindo lâminas expandidas, lâminas em expansão e lâminas senescentes. A contagem dos perfilhos basais foi realizada em seis áreas, cada uma com 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m) em cada área, foram marcados com fio colorido três perfilhos representativos de cada touceira.

A cada avaliação, foi medida, com fita métrica, o comprimento da fração verde das lâminas foliares expandidas (aparecimento da lígula), comprimento do perfilho com a marcação e o número de folhas expandidas, em expansão e senescente. As avaliações foram realizadas uma vez por semana, durante 13 semanas consecutivas. Depois de cada processo de desfolha, foram marcados novos perfilhos para integração de novos indivíduos, visando manter a representatividade da população.

### 5.3.3. Variáveis para as culturas agrícolas, *Vigna unguiculata* L., *Gossypium hirsutum* L. e *Zea mays* L.

Para ambas as culturas oito plantas presentes na área útil foram avaliadas semanalmente, levando em consideração a altura e diâmetro da planta, largura e comprimento das folhas, número de folhas, flores e frutos, além do comprimento do fruto. Com o intuito de monitorar o crescimento e o desenvolvimento das culturas ao longo do tempo. Essas medidas e contagens fornecem informações importantes sobre o desempenho das plantas, seu estado fenológico e sua produtividade. Além disso, permite identificar possíveis problemas ou alterações no desenvolvimento das culturas, como deficiências nutricionais, estresse hídrico, presença de pragas ou doenças, entre outros. As variáveis biométricas avaliadas foram a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e frutos (NFR), e tamanho do fruto (TF). A AP e TF foi obtida com fita métrica, considerando a folha mais alta do dossel e os frutos mais desenvolvidos respectivamente. Já para a DC foi mensurada na região basal do caule, com auxílio de paquímetro graduado (mm) a 5 cm acima do solo com o intuito de padronizar a avaliação do crescimento. O NF e NFR foi contabilizado visualmente levando em consideração todas as folhas em pleno desenvolvimento, desconsiderando apenas aquelas inferiores a 2 cm e os frutos presentes independentemente do tamanho eram quantificados.

#### 5.3.4. Determinação de massa fresca e massa seca

Para a determinação da produção de massa fresca e massa seca o método do quadrado foi utilizado, usando uma moldura de PCV (0,5 m x 0,5 m), onde quatro amostras foram colhidas de cada parcela, em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>. Os pontos amostrais foram escolhidos ao acaso, as molduras foram fixadas no solo e assim coletada a massa de forragem contida na área delimitada pela moldura. Nesta delimitação, a altura do corte foi até um metro, sendo essa uma amostra representativa de tudo que contém em cada sistema.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para o laboratório, onde foram pesadas e, posteriormente uma subamostra foi retirada. Essa subamostra foi pesada e levada para estufa por 72 horas a 65 °C e, então, pesada novamente, com a finalidade de estimar a percentagem de matéria seca e a quantidade de massa de forragem total. Ainda dessa mesma subamostra foram quantificados os componentes morfológicos da folha, divididos em expandida, expansão e senescente além do comprimento das mesmas e quantidade e comprimento do colmo, juntamente com o número de perfilhos.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado com o auxílio Do sensor portátil foliar ceptômetro (AccuPAR LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA), que utiliza a interceptação luminosa para estimar o IAF. Essa análise foi conduzida semanalmente em três locais da área útil de cada parcela, a 10 cm da superfície do solo, evitando a interferência de material morto.

#### 5.3.5. Análise bromatológica dos componentes vegetais

A biomassa coletada foi separada manualmente nas frações: folha e caule. Após a separação, as frações foram colocadas em sacos de papel e pesadas em balança semianalítica eletrônica digital com precisão de 0,001 g, obtendo assim o peso in natura. Todo o material pesado foi submetido ao processo de pré-secagem na estufa de aeração forçada com 55 °C por 72 horas e depois de ser retirado da estufa, as frações foram novamente pesada para a obtenção do peso pré-seco. A moagem das frações foi realizada separadamente em micro moinho de facas tipo Willey TE-648, utilizando a peneira de 1 mm (20 mesh) e o material foi guardado até serem destinados as análises de composição bromatológica.

A determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) foi feita adaptando a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006), quanto ao peso das amostras utilizadas em tais análises (MS e MM  $\approx$  1,0 g; e PB  $\approx$  0,1 g), por conta da baixa quantidade de material disponível.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) foram determinados seguindo adaptação da metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006). Nas determinações de FDN foram utilizados saquinhos de Tecido Não Tecido (TNT) com dimensões de 5x10 cm, contendo 0,5g de amostra pré-seca.

A gordura do material em análise foi extraída em máquina de extração de extrato etéreo que utiliza éter de petróleo ou éter etílico. Para iniciar o processo um grama de amostra foi pesado e acondicionado em saco de Tecido Não Tecido (TNT) com dimensões de 5x10 cm. Os sacos foram enumerados, lacrados e pesados e então, levados à estufa a 105 °C por 3 horas e pesados novamente (PP3). A máquina é configurada pra a temperatura de 100°C por meia hora, depois desse tempo os saquinhos eram retirados, e levados para estufa de 105°C por meia hora e depois pesados (PEX).

$$EE (\% \text{ da matéria seca}) = (PP3 - PS) - (PEX - PS) (PEX - PS) X 100$$

PP3 – Peso pós 3 horas na estufa

PS – Peso do saquinho

PEX – Peso pós extração.

O carboidrato não fibroso (CNF) é feito através de uma estimativa, pois não há uma análise direta para quantificá-los. Ela se baseia na diferença entre 100% da matéria seca e a soma dos outros componentes analisados (PB, EE, FDN e MM).

$$CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN + \%MM)$$

#### 5.3.6. Variáveis para os ovinos

Foram avaliados dados de consumo e ganho de peso de 21 ovinos não castrados com peso inicial médio de 25 kg. Esses dados foram introduzidos ao experimento em delineamento inteiramente casualizado já que o peso dos animais que apresentavam características raciais semelhantes, foi utilizado nesse experimento como uma covariável. A integração foi utilizada como forma de alimentação exclusiva e ad libitum com o intuito de validar o sistema SAF.

Todos os dias os animais eram colocados em seus devidos piquetes por volta das 8:00 h e eram retirados por volta das 17:30 h, sendo alocados em baias coletivas durante o período noturno, com acesso livre a água. Vali salientar que durante o período os ovinos se alimentaram única e exclusivamente da forragem disponível na área experimental com o intuito de validar o melhor sistema para o ganho de peso animal.

A determinação do peso corporal dos animais foi efetuada no início e ao final do período experimental, visando a obtenção dos valores de peso corporal inicial (PCI) e peso corporal

final (PCF). Previamente a cada pesagem, os cordeiros foram submetidos a um jejum de 16 horas. O cálculo do ganho de peso total (GPT) resultou da subtração do PCI do PCF. A obtenção do ganho médio diário (GMD) derivou da divisão do GPT pelo número de dias correspondentes a cada ciclo de pastoreio, que totalizaram 40 dias no primeiro ano e 41 dias no segundo. Os animais foram separados para cada piquete de acordo com o peso e disponibilidade de forragem, tendo piquetes com a presença de dois animais e outros com apenas um.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS ENTRE GRAMÍNEAS E CULTURAS AGRÍCOLAS

O sistema “(i) feijão” apresentou os melhores resultados para números de folhas e folhas expandida da cultura agrícola ( $P < 0,05$ ) quando comparados aos demais sistemas (Tabela 2). O número de perfilhos do capim buffel (Tabela 2) foi maior no sistema “(ii) milho” ( $P < 0,05$ ).

Para o comprimento da folha expandida na massa fresca e número de folhas expandidas na massa fresca (Tabela 2) o “controle” apresentou um maior desenvolvimento do capim buffel, o sistema “(ii) milho” o capim corrente apresentou o maior número de perfilhos na massa fresca 125% superior ao tratamento com algodão, 101% do tratamento com Caatinga e 22% em relação ao tratamento com feijão. Dentre as diferentes culturas avaliadas, o milho mostrou-se particularmente suscetível à senescência foliar, apresentando valores 12 vezes superior ao tratamento com algodão e 4 vezes superior ao tratamento com feijão.

Quando comparado a área controle (Figura 4) com a presença apenas das culturas, é possível observar que o milho apresentou o menor número de folhas (NFolha) (expandida + expansão + senescente) em média 8,34 unidades por planta principalmente no ano de 2023, contra 21,14 unidades na área controle. O comprimento da folha (Comp.Folha) do milho (Figura 4) foi superior no sistema quando comparado ao controle sendo 3 vezes superior, sendo essa resposta associada a maior busca por luminosidade. Para as demais culturas todas as outras variáveis foram superiores na área controle quando comparada ao sistema de integração, resposta essa já esperada, tendo em vista a menor competição por recurso e a ausência de sombreamento, características essas que afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas.

**Tabela 2** - Parâmetros biométricos dos tratamentos Milho (Mi), Feijão (Fei), Algodão (Alg) e Caatinga (Caa, dos anos (2022 e 2023) e da interação AnoXTratamento em diferentes Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro nos anos de 2022 e 2023.

Parâmetros	Ano X Tratamento														EPM	P-valor		
	Tratamento				Ano		Alg		Fei		Mi		Caa			Trat	Ano	Trat X Ano
	Alg	Fei	Mi	Caa	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023				
NºPerf (un.)	52.21 <sup>AB</sup>	51.28 <sup>B</sup>	56.98 <sup>AB</sup>	58.65 <sup>A</sup>	50.03 <sup>B</sup>	59.52 <sup>A</sup>	50.01 <sup>B</sup>	54.41 <sup>B</sup>	49.59 <sup>B</sup>	52.97 <sup>B</sup>	54.10 <sup>B</sup>	59.85 <sup>AB</sup>	46.43 <sup>B</sup>	70.86 <sup>A</sup>	54.78	0.1184	0.0002	0.01
Fexp (un.)	7.30 <sup>A</sup>	5.73 <sup>B</sup>	6.83 <sup>AB</sup>	6.82 <sup>AB</sup>	7.74 <sup>A</sup>	5.60 <sup>B</sup>	7.51 <sup>ABC</sup>	7.08 <sup>ABC</sup>	5.96 <sup>BC</sup>	5.50 <sup>C</sup>	8.84 <sup>A</sup>	4.82 <sup>C</sup>	8.63 <sup>AB</sup>	5.01 <sup>C</sup>	6.67	0.0819	<.0001	0.0025
FExS (un.)	3.28 <sup>A</sup>	2.80 <sup>A</sup>	3.19 <sup>A</sup>	3.20 <sup>A</sup>	3.19 <sup>A</sup>	3.04 <sup>A</sup>	3.05 <sup>AB</sup>	3.50 <sup>AB</sup>	2.49 <sup>B</sup>	3.10 <sup>AB</sup>	3.44 <sup>AB</sup>	2.95 <sup>AB</sup>	3.79 <sup>A</sup>	2.60 <sup>B</sup>	3.12	0.2659	0.4116	0.0019
Fsene (un.)	3.98 <sup>A</sup>	3.41 <sup>B</sup>	3.46 <sup>B</sup>	3.60 <sup>B</sup>	4.31 <sup>A</sup>	2.92 <sup>B</sup>	4.22 <sup>AB</sup>	3.75 <sup>B</sup>	4.14 <sup>AB</sup>	2.68 <sup>C</sup>	4.21 <sup>AB</sup>	2.72 <sup>C</sup>	4.68 <sup>A</sup>	2.51 <sup>C</sup>	3.61	0.0036	<.0001	<.0001
Cperf (cm)	40.94 <sup>AB</sup>	38.33 <sup>B</sup>	38.24 <sup>B</sup>	42.43 <sup>A</sup>	35.47 <sup>B</sup>	44.50 <sup>A</sup>	34.27 <sup>D</sup>	47.62 <sup>A</sup>	32.62 <sup>D</sup>	44.03 <sup>ABC</sup>	37.22 <sup>CD</sup>	39.27 <sup>BCD</sup>	37.77 <sup>CD</sup>	47.09 <sup>AB</sup>	39.99	0.0547	<.0001	0.0119
CFExp (cm)	18.71 <sup>B</sup>	19.18 <sup>AB</sup>	19.60 <sup>AB</sup>	20.41 <sup>A</sup>	15.42 <sup>B</sup>	23.52 <sup>A</sup>	15.50 <sup>B</sup>	21.92 <sup>A</sup>	14.10 <sup>B</sup>	26.26 <sup>A</sup>	15.42 <sup>B</sup>	23.79 <sup>A</sup>	16.67 <sup>B</sup>	24.13 <sup>A</sup>	19.47	0.239	<.0001	0.162
MFCapim (kg ha <sup>-1</sup> )	8060.36 <sup>B</sup>	9375.64 <sup>A</sup>	8007.57 <sup>B</sup>	7703.59 <sup>B</sup>	6026.32 <sup>B</sup>	9906.92 <sup>A</sup>	7029.22 <sup>CD</sup>	9091.50 <sup>B</sup>	7501.04 <sup>C</sup>	11250.00 <sup>A</sup>	6022.60 <sup>D</sup>	9992.53 <sup>AB</sup>	6113.78 <sup>CD</sup>	9293.41 <sup>B</sup>	8286.79	<.0001	<.0001	0.019
MSCapim (kg ha <sup>-1</sup> )	4785.61 <sup>B</sup>	5564.96 <sup>A</sup>	4746.82 <sup>B</sup>	4721.81 <sup>B</sup>	2283.26 <sup>B</sup>	7626.34 <sup>A</sup>	2076.35 <sup>C</sup>	7494.87 <sup>AB</sup>	2821.94 <sup>C</sup>	8307.99 <sup>A</sup>	2221.50 <sup>C</sup>	7272.15 <sup>B</sup>	2013.24 <sup>C</sup>	7430.37 <sup>AB</sup>	4954.80	0.0001	<.0001	0.7451
MFTotal (kg ha <sup>-1</sup> )	9602.91 <sup>AB</sup>	10080.00 <sup>A</sup>	9277.34 <sup>B</sup>	9527.69 <sup>AB</sup>	9636.66 <sup>B</sup>	12577.00 <sup>A</sup>	9379.50 <sup>B</sup>	12177.00 <sup>A</sup>	9569.41 <sup>B</sup>	12658.00 <sup>A</sup>	8569.41 <sup>B</sup>	12532.00 <sup>A</sup>	9971.80 <sup>B</sup>	12942.00 <sup>A</sup>	9621.87	0.1842	<.0001	0.0386
MSTotal (kg ha <sup>-1</sup> )	5034.11 <sup>B</sup>	6108.23 <sup>A</sup>	5390.07 <sup>B</sup>	5018.26 <sup>B</sup>	4222.52 <sup>B</sup>	8492.08 <sup>A</sup>	3134.35 <sup>C</sup>	7991.88 <sup>B</sup>	4237.43 <sup>C</sup>	9394.52 <sup>A</sup>	3976.35 <sup>C</sup>	8558.64 <sup>AB</sup>	4648.94 <sup>C</sup>	8023.28 <sup>B</sup>	5387.67	<.0001	<.0001	0.5069
DiaCaule (cm)	0.59 <sup>B</sup>	0.64 <sup>B</sup>	0.59 <sup>B</sup>	1.12 <sup>A</sup>	0.94 <sup>A</sup>	0.53 <sup>B</sup>	0.67 <sup>B</sup>	0.50 <sup>B</sup>	0.74 <sup>AB</sup>	0.53 <sup>B</sup>	0.82 <sup>AB</sup>	0.37 <sup>B</sup>	1.51 <sup>A</sup>	0.73 <sup>B</sup>	0.74	0.0037	0.0041	0.3054
LargFolha (cm)	7.34 <sup>A</sup>	5.91 <sup>B</sup>	7.12 <sup>A</sup>	5.31 <sup>B</sup>	0.66 <sup>B</sup>	6.84 <sup>A</sup>	5.32 <sup>C</sup>	9.36 <sup>A</sup>	5.92 <sup>BC</sup>	5.90 <sup>BC</sup>	7.13 <sup>B</sup>	7.11 <sup>B</sup>	5.64 <sup>BC</sup>	4.98 <sup>C</sup>	6.38	<.0001	0.0032	<.0001
CompFolha (cm)	9.25 <sup>C</sup>	17.92 <sup>B</sup>	9.52 <sup>C</sup>	35.43 <sup>A</sup>	16.05 <sup>B</sup>	20.01 <sup>A</sup>	7.79 <sup>D</sup>	10.71 <sup>CD</sup>	16.05 <sup>CD</sup>	19.79 <sup>C</sup>	10.14 <sup>CD</sup>	8.90 <sup>D</sup>	30.23 <sup>B</sup>	40.63 <sup>A</sup>	18.95	<.0001	0.007	0.0148
IAF	1.43 <sup>B</sup>	1.27 <sup>BC</sup>	1.20 <sup>C</sup>	1.64 <sup>A</sup>	0.91 <sup>B</sup>	1.85 <sup>A</sup>	0.91 <sup>C</sup>	1.95 <sup>AB</sup>	0.88 <sup>C</sup>	1.66 <sup>B</sup>	0.84 <sup>C</sup>	1.55 <sup>B</sup>	1.01 <sup>C</sup>	2.26 <sup>A</sup>	1.38	<.0001	<.0001	0.0244

# Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro das linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P <0,05). EPM = erro padrão da média.

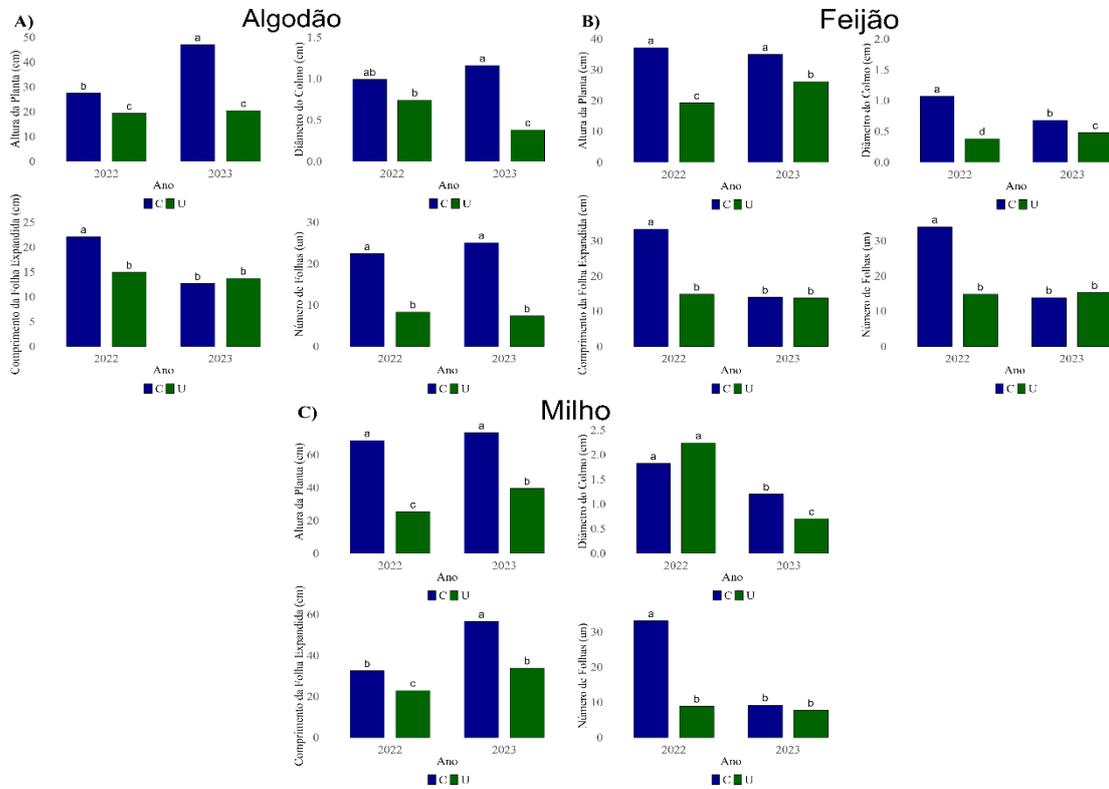
Houve diferença significativa na interação entre tratamento e ano ( $P=0.01$ ) para número de perfilhos, e comprimento de perfilho ( $P=0.0547$ ), sugerindo que os tratamentos impactam levemente nessas características. A folha expandida apresentou diferença significativa tanto para o ano ( $<0.0001$ ) quanto para a interação tratamento x ano ( $P=0.0025$ ). Já para folhas senescentes o tratamento ( $P=0.0116$ ) e interação tratamento x ano ( $P=0.0019$ ) foram bem significativas. O tamanho das estruturas sensíveis foi influenciado diretamente pelos tipos de tratamento.

O diâmetro do caule, apresentou diferença significativa com relação ao ano ( $<0.0001$ ), mostrando variações no diâmetro ao longo dos anos. Índice de área foliar apresentou uma variação significativa para tratamento ( $P=0.0244$ ) e ano ( $<0.0001$ ), demonstrando mudanças na área foliar de acordo com os tratamentos e anos.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos e os anos para diversas variáveis relacionadas à produção de matéria fresca e seca de capim. Para a variável MFCapim ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), o tratamento milho apresentou um aumento significativo de aproximadamente 38,6% em 2023 em relação a 2022. A variável MSCapim ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) também apresentou diferenças importantes, sendo o tratamento Feijão aquele que demonstrou o maior incremento entre os anos, com um aumento de aproximadamente 30,54% em 2023 comparado a 2022. Esse resultado indica que o tratamento Feijão teve um desempenho superior em termos de produção de matéria seca nesse período.

Para a variável MFTotal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), o tratamento algodão apresentou um aumento significativo de 1,48% e o tratamento com feijão apresentou um aumento de 1,19% 2023 em comparação a 2022. Este resultado pode indicar uma adaptação positiva do tratamento Feijão às condições presentes no ano de 2023. Embora essa diferença seja relativamente pequena em comparação com outros tratamentos, ainda é relevante no contexto de produtividade agrícola. A variável MSTotal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) revelou que o tratamento Caatinga apresentou um aumento significativo de 1,19% de 2022 para 2023. De modo geral, os resultados evidenciam que os tratamentos Milho e Feijão foram os que apresentaram os maiores aumentos de produção de matéria fresca e seca de capim de um ano para o outro, especialmente em 2023.

**Figura 4** - Variáveis biométricas da área útil (U) e da área controle (C) para as culturas agrícolas Algodão, Feijão e Milho testadas em Sistemas de integração lavoura pecuária no ano de 2022 e 2023 no Semiárido



Fonte: Autora, 2025

# Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ) \*Altura da planta (Altura), diâmetro do caule (DiâmetroC), Comprimento da folha (Comp.Folha), número de folhas (NºFolhas).

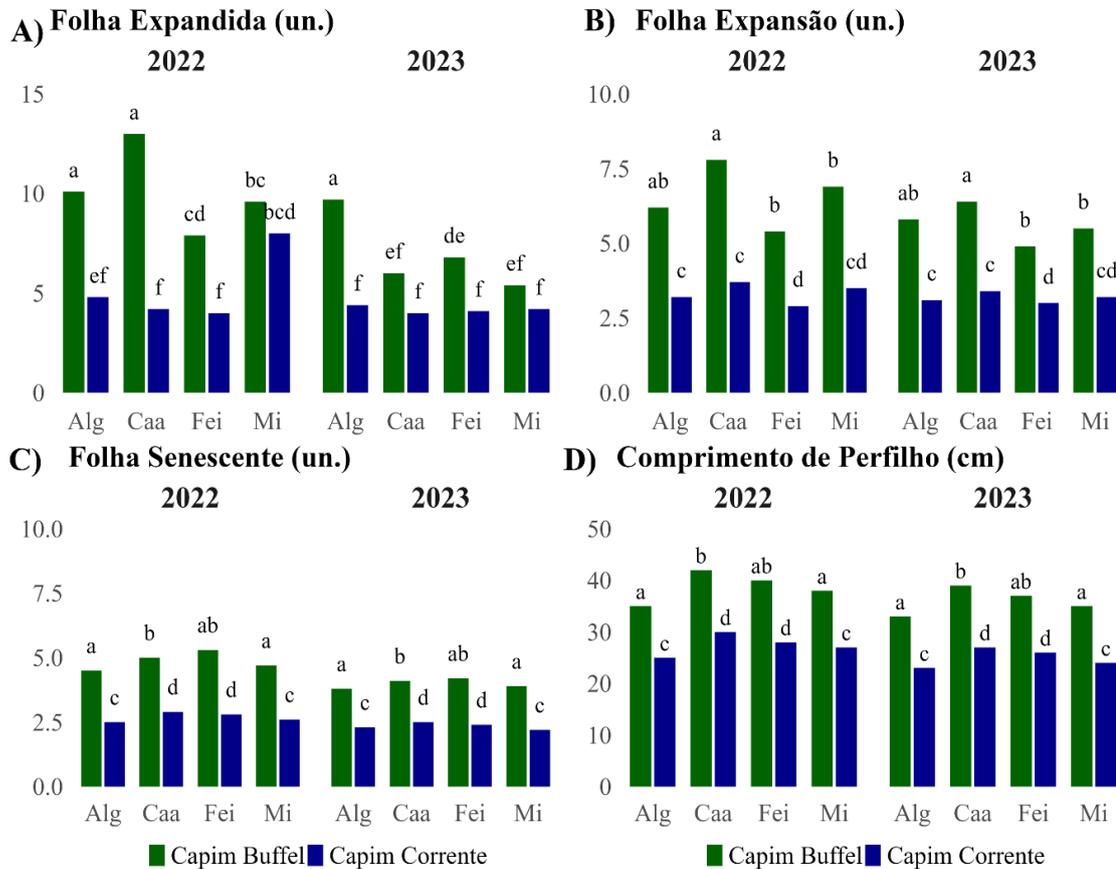
No tratamento com algodão, observou-se que a área controle apresentou um aumento significativo na altura das plantas em 2023 em comparação a 2022, enquanto a área útil manteve menores alturas em ambos os anos. Quanto ao diâmetro do caule (cm), não houve diferença significativa entre as áreas em 2022; contudo, em 2023, a área controle demonstrou maior diâmetro do caule. Além disso, o comprimento da folha (cm) e o número de folhas também foram superiores na área controle em ambos os anos, evidenciando uma diferença significativa em relação à área útil.

Para o feijão, a altura das plantas foi consistentemente maior na área controle nos dois anos avaliados. Contudo, ocorreu uma redução significativa na altura da planta na área útil de 2022 para 2023. Diferentemente, o diâmetro do caule (cm) permaneceu sem diferença significativa entre as áreas ao longo dos anos. O comprimento da folha (cm) foi superior na área

controle em ambos os anos, e o número de folhas também foi maior na área controle em 2022, demonstrando melhor desenvolvimento nessa condição.

Em relação ao milho, a área controle resultou em maior altura das plantas tanto em 2022 quanto em 2023. No entanto, o diâmetro do caule (cm) foi superior na área controle em 2022, com uma redução observada em ambas as áreas no ano seguinte, embora a área controle continuasse superior à área útil. Além disso, o comprimento da folha (cm) mostrou-se consistentemente maior na área controle nos dois anos avaliados. Já o número de folhas foi significativamente maior na área controle em 2022, enquanto em 2023 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

**Figura 5** - Médias dos desdobramentos para os parâmetros de Capim Buffel e Corrente em diferentes Sistemas Agroflorestal no ano de 2022-2023 no semiárido brasileiro



**Fonte:** Autora, 2025

#Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada barra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ) comparando o capim buffel e corrente dentro de cada tratamento em cada ano. \* Algodão (A), Caatinga (C), Feijão (F), Milho (M).

O capim buffel apresentou o maior número de folhas expandidas (Figura 5A) e folhas em expansão (Figura 5B) nos dois anos consecutivos principalmente nos sistemas “(iii) algodão” e “controle”. Tratando-se de comprimento de perfilho (Figura 5D), o capim corrente apresentou perfilhos maiores em todos os sistemas analisados. Já o capim buffel, independente do sistema, apresentou respostas semelhantes para todos os sistemas agroflorestais, porém com valores inferiores no ano de 2022.

## 6.2. MASSA DE FORRAGEM

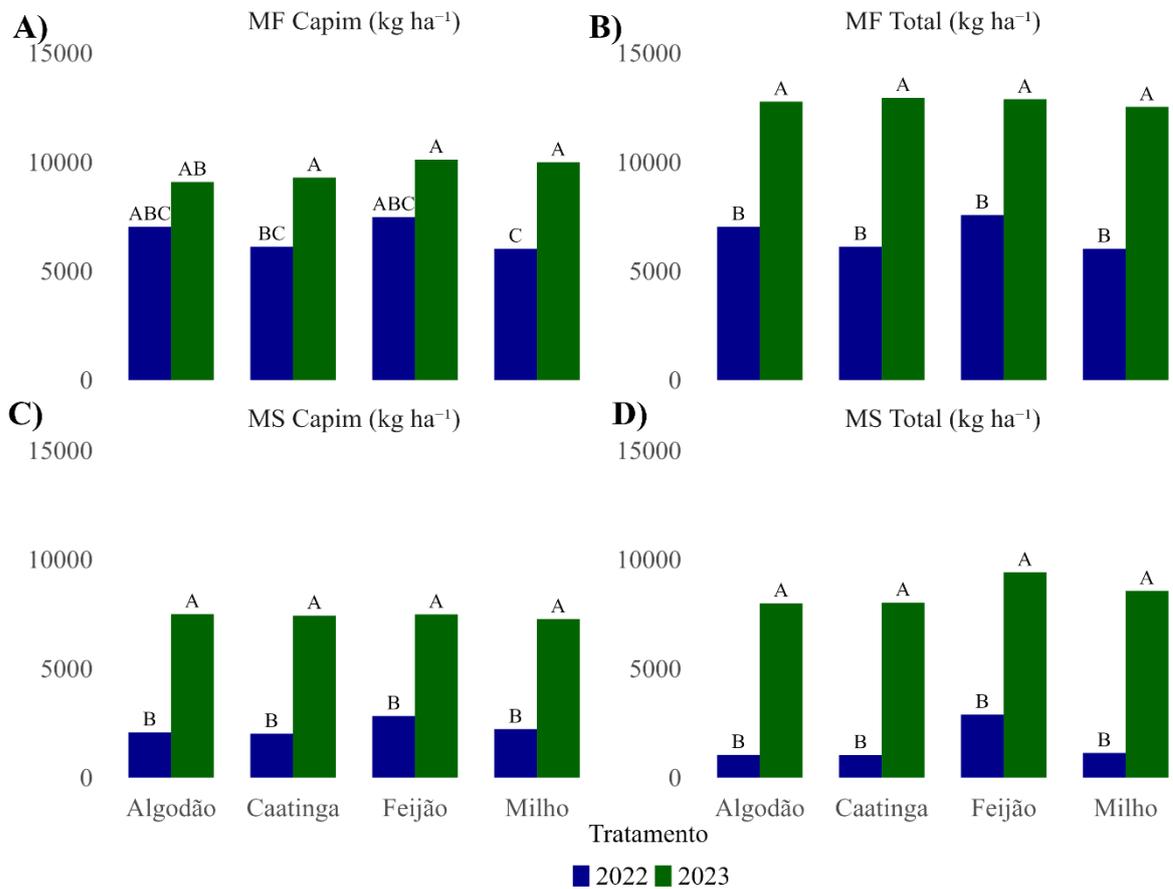
Os resultados apresentados (Figura 6) evidenciam variações estatisticamente significativas na produção de matéria fresca (MF) (Figura 6A) e matéria seca (MS) (Figura 6C) dos capins entre os anos de 2022 e 2023 em todos os tratamentos avaliados. De maneira geral, os dados indicam que, em 2023, houve incremento nas produções de MF e MS quando

comparados a 2022, com ênfase nos tratamentos Caatinga, Feijão e Milho. No caso do tratamento Algodão, embora também tenha sido observado crescimento na produção em 2023, esse incremento foi relativamente menos expressivo em comparação aos demais tratamentos.

Adicionalmente, as produções totais de matéria fresca (MF Total) (Figura 6B) e matéria seca (MS Total) (Figura 6D) apresentaram valores consideravelmente mais elevados em 2023 para todos os tratamentos, sendo as diferenças mais marcantes observadas novamente nos tratamentos Caatinga, Feijão e Milho. Estes resultados sugerem que as condições ambientais predominantes em 2023 foram mais favoráveis ao acúmulo de biomassa e ao desenvolvimento das espécies forrageiras analisadas.

Em síntese, os achados indicam uma melhora significativa na produção de biomassa entre os anos estudados, com destaque para os tratamentos Caatinga, Feijão e Milho, os quais demonstraram maior responsividade às condições experimentais. Esses resultados reforçam a importância de fatores ambientais e práticas de manejo adequadas no desempenho produtivo das plantas.

**Figura 6** - Partição da massa seca e fresca total e do capim dos Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro nos anos de 2022 e 2023



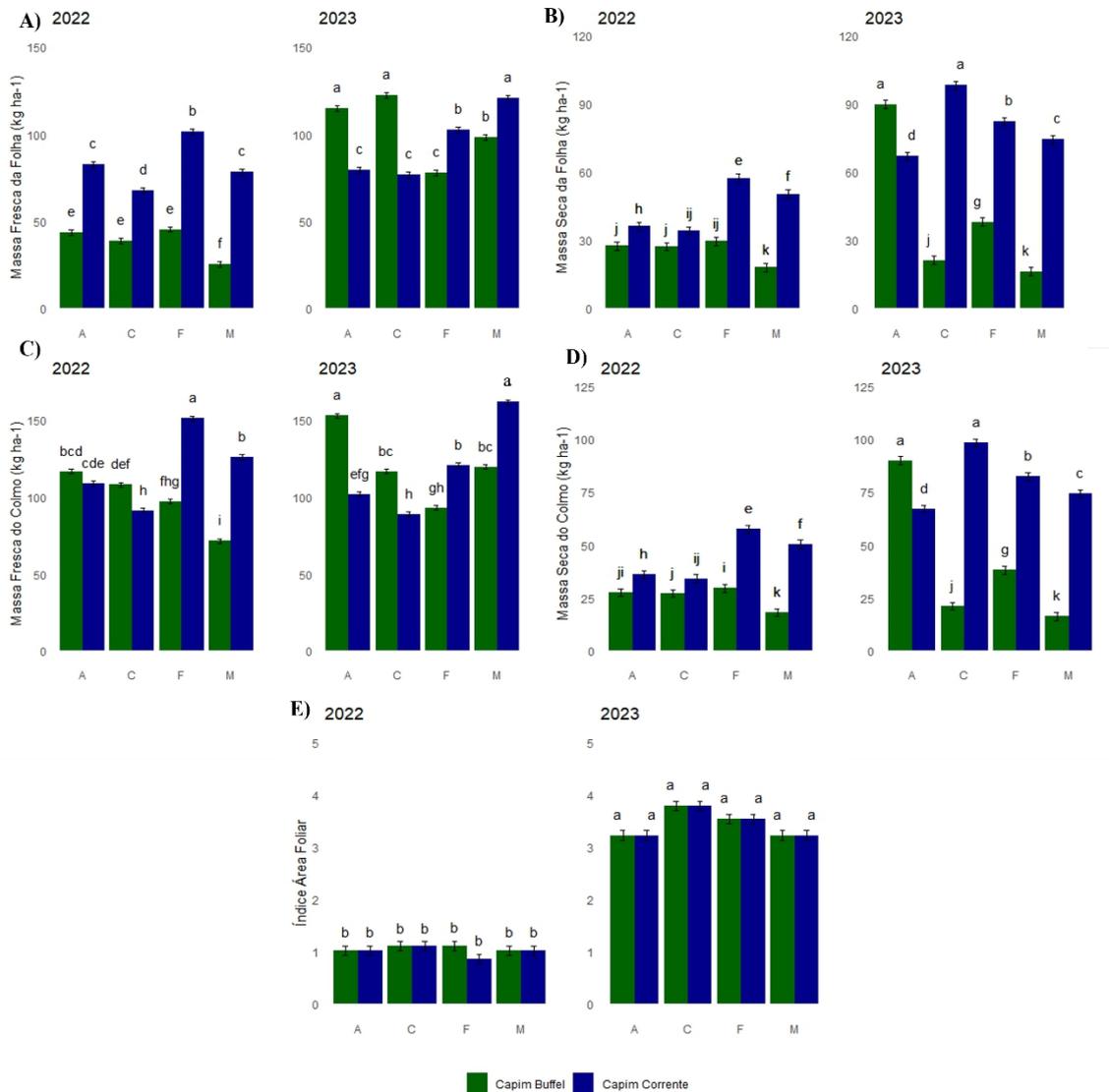
Fonte: Autora, 2025

# Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média. \*Massa Fresca (MF) Massa Seca (MS).

### 6.3. PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

Para a produção de massa seca da folha (Figura 7B) e do caule (Figura 7D), tanto o capim buffel como o capim corrente, apresentaram melhores resultados no ano de 2023. Isso ocorreu principalmente nos sistemas “(iii) algodão” e “controle”. O IAF (Figura 7E) foi significativamente superior ( $P < 0,05$ ) para ambos os capins no ano de 2023, apresentando resultados duas vezes maiores do que o ano de 2022, sendo esse resultado mais expressivo no sistema “controle” do que nos demais.

**Figura 7 - Massa fresca, seca e índice de área foliar de capim buffel e capim corrente em Sistemas Agroflorestais no semiárido brasileiro no ano de 2022 e 2023**



**Fonte:** Autora, 2024

# Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada barra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ) comparando o capim buffel e corrente dentro de cada tratamento em cada ano. \* Algodão (A), Caatinga (C), Feijão (F), Milho (M).

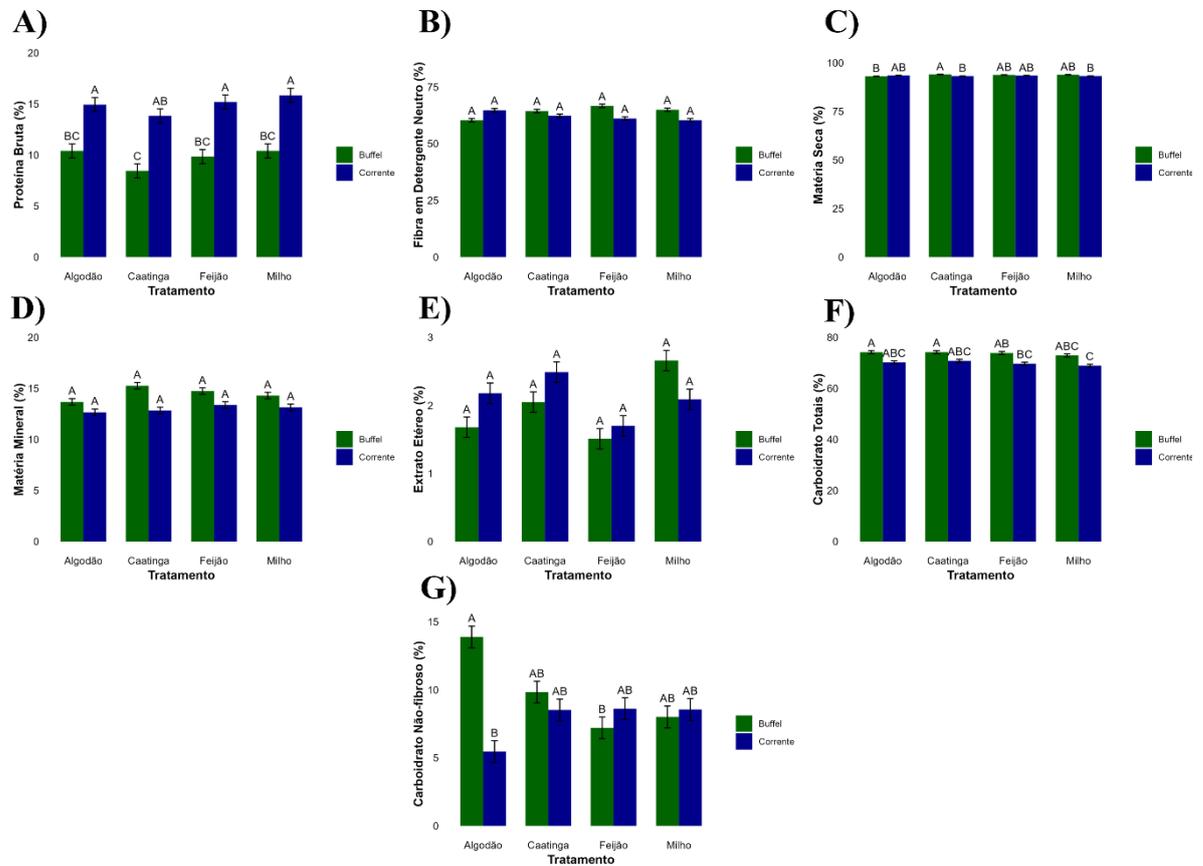
#### 6.4. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

O *Urochloa* grass apresentou maiores teores de proteína bruta em comparação com o Buffel grass, especialmente no sistema de (ii) milho, onde atingiu valores acima de 14% (Figura 8A). Não houve diferenças significativas para a Fibra em detergente neutro entre os tratamentos e entre as espécies de gramíneas, com valores semelhantes para todos os tratamentos (~55-65%)

(Figura 8B). A matéria seca foi consistente entre os tratamentos e espécies, mantendo-se próxima de 90%, sem grandes variações (Figura 8C).

A matéria mineral também mostrou pouca variação entre tratamentos e gramíneas, com valores entre 10-15% (Figura 8D). Houve variações mais significativas nos carboidratos totais, com o Buffel grass apresentando maiores teores em alguns tratamentos, como no Caatinga (Figura 8E). O sistema de milho com Urochloa grass apresentou os maiores teores de carboidratos não fibrosos, seguidos pelo Buffel grass no mesmo tratamento (Figura 8F). O extrato etéreo foi maior nos sistemas de (ii) milho e (iii) algodão com Buffel grass e Urochloa grass, o que indica um teor ligeiramente maior de lipídios nessas espécies e tratamentos (Figura 8G).

**Figura 8** - Variáveis bromatológicas de gramíneas forrageiras *Buffel grass* e *Urochloa grass* em Sistemas Agroflorestais no Semiárido no ano de 2023



Fonte: Autora, 2025

# Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada barra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ) comparando o *Buffel grass* e *Urochloa grass* dentro de cada tratamento. As variáveis analisadas incluem proteína bruta (A), fibra em detergente neutro (B), matéria seca (C), matéria mineral (D), carboidratos totais (E), carboidratos não fibrosos (F) e extrato etéreo (G).

## 6.5. GANHO DE PESO DOS OVINOS

Em geral, os sistemas Agroflorestais apresentaram impacto positivo ( $P < 0,05$ ) no desempenho dos ovinos em comparação com o ambiente natural da Caatinga. Isso é evidenciado pelo fato de que as médias de ganho total de peso, ganho médio diário e peso corporal final foram maiores nos sistemas em comparação com a Caatinga. O ganho de peso foi superior no tratamento “capim corrente/buffel + feijão + vegetação da Caatinga” com peso médio final de 27,04 kg (Tabela 3).

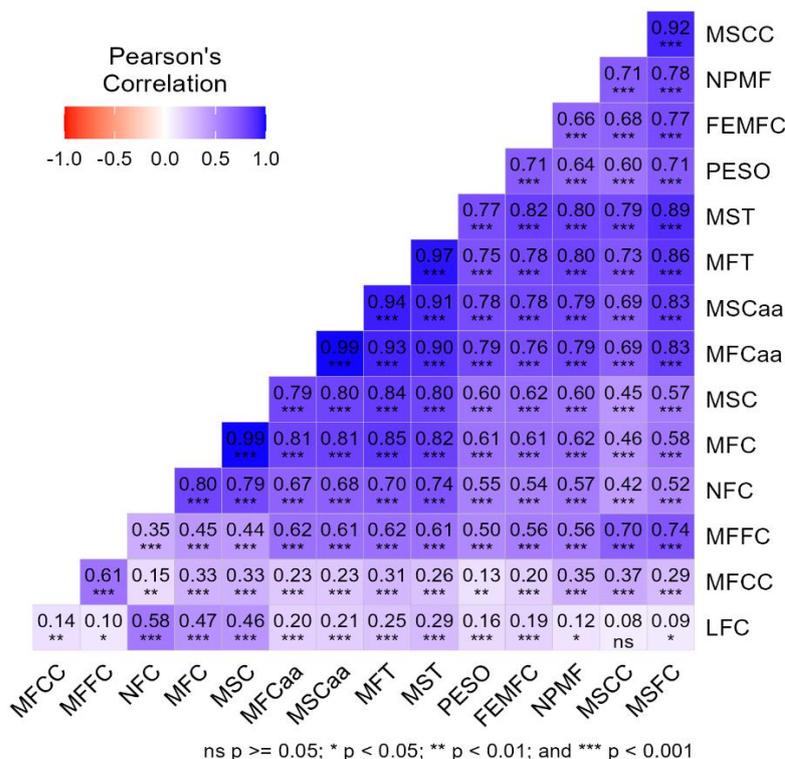
**Tabela 3** - Peso inicial, ganho de peso total, ganho de médio diário e peso corporal final de ovinos mantidos em sistemas Agroflorestais no bioma da Caatinga nos anos de 2022 e 2023.

Itens	Tratamento				EPM	Valor P
	Caatinga	Algodão	Milho	Feijão		
Peso inicial (kg)	23,90	24,42	24,80	25,34	0,67	-
Ganho de peso total (kg)	1,25b	1,64 a	1,80a	1,70a	0,16	0,01
Ganho médio diário (g dia <sup>-1</sup> )	30,49b	40,00a	43,90a	41,46a	3,95	0,01
Peso corporal final (kg)	25,12b	26,06a	26,60a	27,04a	0,66	0,01

# Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro das linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média.

Ao analisar as relações entre as variáveis em foco, constatou-se uma correlação positiva significativa, evidenciando uma associação direta e robusta entre elas. Esta interligação positiva entre as variáveis sugere que enquanto uma das variáveis aumenta, a outra também tende a aumentar, gerando um padrão consistente de crescimento e comportamento (Figura 9). Quando relacionada ao ganho de peso dos animais, nota-se uma correlação positiva e significativa para o sistema de integração como um todo, pois tanto a massa fresca total (MFT) como massa seca total (MST) apresentaram correlação com o ganho de peso bem próxima de +1. A massa fresca da Caatinga (MFCaa) e massa seca da Caatinga (MSCaa) contribuem de forma significativa para esse ganho de peso, mas essa resposta é ainda mais acentuada devido à presença da massa fresca capim (MFC) e massa seca do capim (MSC) que foram cruciais para aumentar o ganho de peso dos ovinos devido aos seus benefícios nutricionais complementares. A MFC é mais palatável e rica em água, vitaminas e minerais, incentivando maior ingestão e hidratação, enquanto a MSC, com nutrientes concentrados. Ambas promovem a saúde do rúmen e digestão eficiente. Utilizando uma combinação estratégica de MFC e MSC, através de rotação de pastagens.

**Figura 9** - Matriz de correlação entre as variáveis dos Sistemas Agroflorestais em relação ao peso dos ovinos introduzidos ao sistema



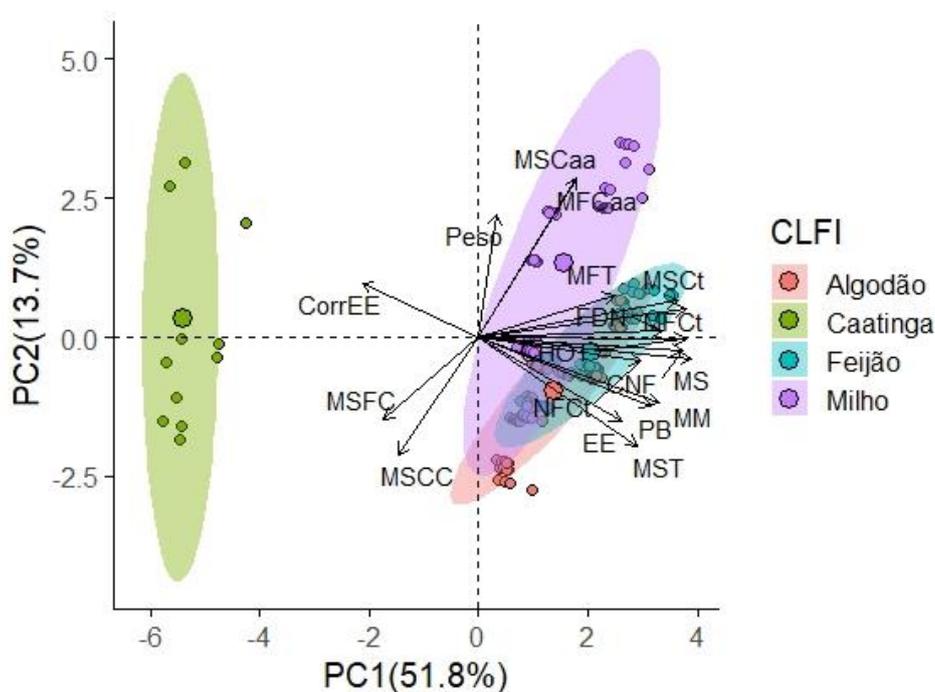
**Fonte:** Autora, 2025

\*Massa seca do caule do capim (MSCC); Número de perfislos na massa fresca (NPMF); folhas expandidas da massa fresca do capim (FEMFC); massa seca total (MSTotal); massa fresca total (MFTTotal); massa seca da Caatinga (MSCaa); massa fresca da Caatinga (MFCaa); massa seca da cultura (MSC); massa fresca da cultura (MFC); número de folhas da cultura (NFCultura); massa fresca da folha no capim (MFFC); massa fresca do colmo no capim (MFCC); largura da folha da cultura (LFC); e peso dos animais (Peso).

## 6.6. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

O PC1 (51.8%) e o PC2 (13.7%) explicam a maior parte da variação entre as amostras. O PC1 tem maior contribuição para a diferenciação dos grupos. O feijão-caupi (verde) e o algodão herbáceo (azul claro) apresentam respostas distintas quando comparados ao tratamento controle da Caatinga (vermelho) (Figura 10). O tratamento controle (Caatinga) está bem separado à esquerda do gráfico, principalmente no eixo PC1, indicando que as variáveis que mais influenciam a Caatinga são diferentes das que afetam o feijão-caupi o algodão e o milho. Esse afastamento sugere que as características da vegetação da Caatinga são significativamente distintas em relação aos sistemas agrícolas.

**Figura 10** - Análise de componentes principais do Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta no Semiárido Pernambucano



**Fonte:** Autora, 2025

# Número Total de Folhas (NFct), Massa Seca Total (MST), Massa Fresca Total da Cultura (MFCt), Massa Seca Total da Cultura (MSCt), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM), Extrato Etéreo (EE), Carboidratos Totais (CHOT), Carboidratos Não Fibrosos (CNF), Massa Fresca da Caatinga (MFCaa), Massa Seca da Caatinga (MSCaa), Massa Seca das Folhas do Capim (MSFC), Massa Seca do Colmo do Capim (MSCC), Extrato Etéreo do Capim Urochloa (CorrEE) e Peso dos animais.

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS

A cultura do feijão foi a que mais se desenvolveu, apresentando um crescimento mais robusto e uma maior produção de folhas e vagens, essa resposta está diretamente associada ao fato de ser uma leguminosa e possuir a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo, além disso a variedade utilizada nesse experimento (cultivar BRS Pujante) já é naturalmente adaptada às condições de seca, apresentando mecanismos fisiológicos que lhes permitem tolerar períodos de baixa disponibilidade de água.

As plantas C3 como o feijão, tem ponto de saturação luminosa mais baixo, como uma das principais limitações dos sistemas é o sombreamento o fato de ser C3 poderia contribuir

para esse melhor desenvolvimento. O ponto de saturação luminosa mais baixo das plantas C3 se torna uma vantagem em ambientes com sombreamento, onde a intensidade luminosa é naturalmente reduzida (Xie *et al.*, 2020). Nesses ambientes elas conseguem atingir taxas fotossintéticas relativamente altas mesmo com níveis de luz mais baixos, pois já estão próximas ou em seu ponto de saturação luminosa. Isso as torna mais eficientes na utilização da luz disponível em condições de sombra do que plantas C4, que geralmente requerem maiores intensidades luminosas para atingir seu potencial máximo de fotossíntese (Formisano *et al.*, 2022).

No presente estudo, o feijão foi a única cultura que apresentou uma produtividade considerável. De acordo com (Coelho; Ximenes, 2020), a produtividade do feijão em monocultivo apresentou uma previsão de 451 kg ha<sup>-1</sup>. No experimento em questão, houve um rendimento de 274,67 kg ha<sup>-1</sup> mesmo em um ambiente de consórcio e com maior competição por recursos, resultado superior ao encontrado na área controle do experimento em questão com a presença apenas das culturas agrícolas, que apresentou produtividade de 112 kg ha<sup>-1</sup>. Validando a adaptabilidade do feijão ao sistema. Apesar da redução da produtividade no sistema, sua exploração possibilita a produção de aproximadamente metade do que é produzido no sistema convencional.

Em relação aos capins a redução do perfilhamento dos mesmos é observada devido à entrada limitada de luz no sistema e ao microclima criado pelo sombreamento, conforme demonstrado por (Carvalho *et al.*, 2021). Isso se deve ao papel crucial da luz na ativação dos fitômeros responsáveis pela formação de novos perfilhos. Ainda assim o número de perfilhos no capim buffel foi superior ao capim corrente no sistema “capim corrente/buffel + milho + vegetação da Caatinga”, apresentando em média 73,49 perfilhos ao final das 13 semanas, em que a competição por recursos pode ter sido superior aos demais sistemas. Já que o perfilhamento é uma característica evolutiva das gramíneas que acontece como um mecanismo de produção e sobrevivência, contribuindo para sua persistência.

É essencial para garantir a continuidade da espécie, especialmente quando a produção de estolões ou sementes não é possível (Jardim *et al.*, 2018; Jones, G. B.; Tracy, 2018). De acordo com (Nascimento Junior *et al.*, 2002) o número de perfilhos é frequentemente utilizado como indicador de vigor ou persistência da gramínea na pastagem. O perfilhamento nas gramíneas forrageiras contribui para a adaptação às distintas condições de ambiente, incluindo as estratégias de manejo, o mesmo é um indicador importante da competição intraespecífica e interespecífica no ecossistema (Cruz *et al.*, 2021). Quando os recursos são abundantes, as

plantas investem em mais perfilhos para maximizar sua captura. Assim, o número de perfilhos reflete o balanço entre a disponibilidade de recursos e a competição, com mais perfilhos indicando maior disponibilidade de recursos ou uma estratégia para superar a competição (Volenc; Nelson, 2020).

No sistema “capim corrente/buffel + vegetação da Caatinga” a presença de plantas da Caatinga é mais proeminente, gerando mais sombreamento em ambos os capins. Essa característica gerou um maior crescimento das folhas em busca de luminosidade. Em ambientes onde a luz é limitada, como sob um dossel de árvores em sistemas agroflorestais, o crescimento em direção à luz permite que as plantas sobrevivam e competem melhor (Torralba *et al.*, 2016). De acordo com (Teixeira *et al.*, 2013), plantas sob condição de sombreamento tendem a aumentar superfície foliar, buscando receber uma maior quantidade de luz, sendo este fator essencial para as atividades metabólicas.

O sistema de integração lavoura pecuária como um todo, o sistema “capim corrente/buffel + milho + vegetação da Caatinga” apresentou maior quantidade de folhas senescentes (2,5 folhas por perfilhos), menores quantidades de frutos além do menor desenvolvimento da forragem. Essa característica pode ser explicada pelo fato do milho ser uma planta que requer grandes quantidades de nutrientes para sustentar seu crescimento rápido e produção de grãos (Sindhi; Thanki; Desai, 2018).

Se os nutrientes no solo forem limitados, o milho pode sofrer estresse nutricional, levando à senescência prematura das folhas. Apresentar uma alta demanda de água durante o crescimento pode ser uma provável explicação dessas respostas, pois em ambientes onde a disponibilidade de água pode ser limitada, especialmente sob a copa das árvores, o milho pode sofrer estresse hídrico, resultando em senescência precoce das folhas. O sombreamento é outra característica que afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, esse fator presente no sistema de integração lavoura pecuária, resultou em um crescimento menos vigoroso e menor produtividade das plantas de milho, devido a redução da quantidade de luz solar disponível para as folhas, o que diminuiu a taxa fotossintética. Isso afeta diretamente a produção de carboidratos e, conseqüentemente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Sun *et al.*, 2023).

No sistema “capim corrente/buffel + vegetação da Caatinga” onde a presença de árvores é mais notável, foi possível criar um ambiente microclimático mais favorável, com temperaturas mais moderadas e uma maior disponibilidade de água no solo. Essas condições climáticas mais amenas proporcionam um cenário propício para o desenvolvimento robusto do capim buffel. Essa característica de crescimento afetou a exploração dos ovinos a esse sistema já que os

mesmos rejeitam pastos altos devido à sua preferência por folhas novas e brotos mais digestíveis encontrados na base das plantas (SENAR, 2009).

O comportamento gregário dos ovinos, que requer visibilidade de outros animais, é dificultado em pastagens altas ou densas, como na Caatinga. O incremento forrageiro ofertado pela presença das culturas agrícolas nos outros sistemas avaliados nesse experimento foi responsável pela menor disponibilidade de forragem no tratamento controle, frisando a importância dessas culturas para uma maior oferta de forragem. Essa relação entre a massa verde e seca da folha e do caule da forragem é crucial para determinar a disponibilidade de nutrientes e a qualidade do alimento fornecido aos animais, influenciando diretamente sua saúde e produtividade.

## 7.2. DISPONIBILIDADE DE FORRAGEM

Com o crescimento contínuo das árvores no sistema, a luminosidade disponível diminui progressivamente, conseqüentemente, o sombreamento afeta proporcionalmente a produção de forragem. No entanto, evidências sugerem que o sombreamento pode trazer benefícios às gramíneas (Shelton et al., 1991). Elas demonstram tolerância, mantendo sua produção similar à do cultivo em pleno sol ou até mesmo aumentando, especialmente quando estabelecidas em solos empobrecidos (Souza et al., 2016).

A disponibilidade de água no solo constitui outro fator determinante na produção forrageira. Além da deficiência hídrica, o estresse por alagamento também apresenta influência nas características morfogênicas de plantas forrageiras, o mês de março do ano de 2023 apresentou pluviosidade de 298 mm afetando o desenvolvimento inicial do sistema. A taxa de senescência aumentou à medida que a precipitação foi diminuindo a intensidade, principalmente devido à redução no teor de clorofila e à realocação de nutrientes das folhas mais velhas para as mais novas (Mattos, 2001).

A maior produção de biomassa observada em 2023 pode ser atribuída às condições climáticas mais favoráveis durante esse ano, como maior disponibilidade hídrica e temperaturas mais adequadas ao crescimento das espécies forrageiras avaliadas. Resultados semelhantes foram reportados por (He et al., 2021; Hou et al., 2021; Olivera et al., 2019), que observaram incrementos na produção de massa fresca e seca em anos com maior precipitação.

## 7.3. PESO FINAL DOS OVINOS EM RESPOSTA AOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Apesar do valor forrageiro da vegetação nativa da Caatinga, é fundamental adotar práticas para manter níveis adequados de produção animal na região semiárida. O desempenho dos animais, assim como suas características de peso e rendimento da carcaça, está diretamente ligado à disponibilidade e digestibilidade dos nutrientes presentes nos alimentos, o que determina sua capacidade de ganho de peso (Moreira, José Nilton *et al.*, 2006).

No entanto, as condições climáticas adversas do semiárido, caracterizadas pela irregularidade das chuvas e alta evapotranspiração, exercem um impacto significativo na disponibilidade e qualidade das forragens da região. Esses fatores dificultam a criação de animais de forma extensiva em pastagens nativas, sem modificações em sua estrutura e composição. A quantidade de forragem disponível, especialmente durante a época seca, tende a ser baixa devido à distribuição irregular das chuvas (Santos *et al.*, 2010).

A disponibilidade de forragem foi significativa ( $P < 0,05$ ) para ambos os sistemas nos dois anos consecutivos. O crescimento do pasto depende da precipitação sazonal (variação das chuvas ao longo das estações do ano), e essa afeta a disponibilidade e qualidade da forragem ao longo do ano, o que limita o desempenho dos animais (Giridhar; Samireddypalle, 2015). Os animais nesse experimento pesaram em média 22,93 kg em 2022 e 33,18 kg em 2023. Esse ganho de peso está diretamente associado a quantidade de massa fresca (MV) e massa seca (MS) das culturas, e das Árvores forrageiras da Caatinga, que apresentam hábitos de crescimento diferentes das gramíneas, ajudando assim a suprir a falta de forragem durante a seca (Morales *et al.*, 2020; Tamayo-chim; *et al.*, 2012) e a Massa total do experimento. A Massa seca e verde das culturas agrícolas e das plantas da Caatinga, ajudaram a fornecer nutrientes complementares (Lara *et al.*, 2007), essa característica favoreceu a produção de biomassa e o ganho de peso dos animais.

A deficiência hídrica mais amena reduziu o crescimento das plantas, retardando a formação de caules. Isso resulta em plantas com maior proporção de folhas e de conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis que são importantes para o crescimento e a saúde dos animais (Campos *et al.*, 2021; Taiz, L. *et al.*, 2017). Portanto, se a cultura tem mais folhas, os animais podem estar recebendo mais desses nutrientes, mesmo que a massa de forragem disponível seja menor.

Mesmo que haja uma menor quantidade total de forragem disponível, a maior quantidade de folhas pode compensar essa falta de volume já que os ruminantes têm a capacidade de selecionar partes mais nutritivas da forragem, como folhas jovens ou grãos, em vez de hastes mais fibrosas (Cruz *et al.*, 2021). Essa seleção pode garantir que eles consumam

uma dieta mais densa em nutrientes, mesmo quando a disponibilidade total é limitada, fornecendo uma dieta mais nutritiva aos animais. Isso pode resultar em um ganho de peso mais eficiente.

Esses resultados sugerem que a integração de culturas agrícolas, como algodão herbáceo, milho e feijão, podem beneficiar o desempenho dos ovinos, levando a um aumento no peso corporal e no ganho de peso ao longo do tempo.

#### 7.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

O Índice de Área Foliar (IAF) tem sido utilizado para agregar características ao nível das folhas além de avaliar a quantidade total de biomassa acima do solo. Apesar de não apresentar diferenças entre os tratamentos nos dois anos de avaliação, ainda assim é possível observar que em 2023 os resultados foram superiores no sistema “capim corrente/buffel + vegetação da Caatinga”. As plantações e florestas manejadas podem ter valores mais elevados de IAF. Além disso, o IAF medido está correlacionado com algumas variáveis ambientais como radiação solar e temperatura. De acordo com, (Iio *et al.*, 2014a) (Kozłowski *et al.*, 1991), o IAF aumenta com a umidade disponível e diminui com a sazonalidade, mas a temperatura pode influenciar o IAF de maneiras não lineares e dependentes de outros fatores ambientais. Em temperaturas moderadas, o aumento térmico pode estimular o crescimento vegetal e, conseqüentemente, elevar o IAF ((Li, Suosuo *et al.*, 2019). No entanto, temperaturas excessivamente altas podem intensificar a taxa de respiração das plantas, aumentar a evapotranspiração e reduzir a eficiência fotossintética, resultando em uma diminuição do IAF (Iio *et al.*, 2014b; Ma *et al.*, 2023). Além disso, essa relação pode ser modulada por fatores como disponibilidade hídrica, radiação solar e características fisiológicas das espécies vegetais. Essa pode ser a provável explicação para o maior IAF no ano de 2023. (Parker; Russ, 2004) afirmaram que valores mais elevados de IAF são encontrados em florestas mais altas e mais antigas, com diferenciação avançada de copas e aberturas, corroborando com os resultados encontrados nesse experimento.

#### 7.5. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

Os resultados contraditórios entre as variáveis bromatológicas (como proteína bruta, carboidratos e extrato etéreo) e as variáveis biométricas podem ser explicados por vários fatores relacionados à interação entre a qualidade nutricional e a digestibilidade ou palatabilidade dos alimentos.

O cultivo de milho semeado neste experimento não atingiu valores de produtividade equivalentes aos resultados apontados na literatura. Acredita-se que seja devido à alta heterogeneidade da área. Em contrapartida apresentou melhores valores em várias variáveis bromatológicas, como proteína bruta e extrato etéreo, indicando que o alimento fornecido era potencialmente mais nutritivo em termos de composição química.

Porém, essa qualidade bromatológica não necessariamente se traduz em maior ganho de peso dos animais, pois outros fatores influenciam o desempenho animal, como a digestibilidade, palatabilidade e eficiência no uso dos nutrientes. Apesar da composição bromatológica indicar alto valor nutricional, o *Buffel grass* ou o *Urochloa grass* combinados com milho podem não ter sido tão palatáveis para os animais quanto outros tratamentos. Se os animais não consomem o alimento em quantidade adequada, o ganho de peso pode ser menor, independentemente da qualidade dos nutrientes (Ghafar *et al.*, 2021).

Em sistemas agropecuários, a interação entre as plantas forrageiras e o ambiente também pode influenciar o desempenho animal. O milho pode ter contribuído para um crescimento rápido da gramínea, mas possivelmente à custa de características que impactam negativamente a saúde ruminal dos animais, como uma menor proporção de carboidratos não fibrosos digestíveis.

O Milho é exigente em termos de água e nitrogênio, o que pode ser limitante em áreas de menor fertilidade ou em solos menos adequados, como os típicos da Caatinga, onde o sistema foi implementado. As gramíneas, por outro lado, têm adaptações morfológicas e fisiológicas que as tornam mais resilientes em solos pobres e com menor disponibilidade hídrica, o que explicaria seu desenvolvimento mais vigoroso nesses cenários. O baixo crescimento do milho pode ter permitido que as gramíneas tivessem mais acesso aos recursos do solo, como nutrientes e luz solar, sem a forte competição que ocorreria se o milho estivesse se desenvolvendo adequadamente. Isso explicaria o melhor resultado das gramíneas em termos bromatológicos, já que com maior acesso aos nutrientes, a qualidade nutricional (proteína bruta, carboidratos, etc.) das gramíneas foi potencializada. A redução no crescimento do milho poderia ter influenciado o acúmulo de biomassa nas gramíneas, o que pode ser visto nos melhores valores de proteína bruta, carboidratos e extrato etéreo nas análises bromatológicas. A explicação aqui está na menor competição por nutrientes e água, que resultou em uma maior capacidade das gramíneas de acumular nutrientes, aumentando sua qualidade nutricional.

O *Buffel grass* e o *Urochloa grass* são gramíneas altamente adaptadas às condições semiáridas, e em um cenário onde há menor competição por recursos (devido ao fracasso do

milho), elas podem expressar uma maior produção de matéria seca com boa qualidade nutricional (Ghafar *et al.*, 2021).

## 7.6. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A proximidade dos pontos sugere que os sistemas com feijão e algodão têm um desempenho similar e podem ser considerados mais eficientes ou produtivos em comparação com os outros tratamentos. Essa resposta pode estar associada as condições de crescimento, como a necessidade de água, nutrientes e luz solar, serem semelhantes para o feijão e o algodão, resultando em padrões de crescimento comparáveis. O sistema com a presença do milho apresentou características distintas e pode não ser tão eficiente ou produtivo quanto os sistemas com feijão e algodão.

O tratamento controle apresentou resposta totalmente diferentes a todos as culturas testadas, isso sugere que a Caatinga, como vegetação nativa, tem uma composição vegetal distinta, com alta relação em variáveis relacionadas à biomassa e resistência ecológica, mostrando que a mesma é eficiente em condições naturais, mas não proporciona grandes rendimentos em termos de biomassa ou qualidade de forragem (Souza, Danielle Gomes *et al.*, 2019).

O feijão está fortemente influenciado por variáveis como CP (proteína bruta) e EE (extrato etéreo). Isso indica que, em relação à Caatinga, o feijão apresenta uma resposta favorável na composição de nutrientes, especialmente na concentração de proteínas e lipídios. Já o algodão é influenciado por variáveis como TDM e DMGS isso sugere que o algodão tem uma produção de biomassa superior, o que o torna mais adequado para sistemas que visam a produção de biomassa, o que é crucial em sistemas agropecuários no semiárido, onde a produção de matéria seca e está diretamente relacionado com o NDF apresentando uma alta quantidade de fibra, o que é esperado em culturas de grãos com foco em biomassa para forragem.

## 8. CONCLUSÃO

A inclusão de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) representa uma estratégia de manejo superior para a Caatinga em comparação com a exploração exclusiva da vegetação nativa. Os resultados obtidos, particularmente com a incorporação do feijão, demonstram um aumento significativo na produtividade global do sistema. Observou-se não apenas a obtenção

de uma colheita de grãos (feijão), mas também um incremento substancial na biomassa total da área, impulsionado pelo crescimento das gramíneas, e um desempenho zootécnico aprimorado, evidenciado pelo maior ganho de peso dos animais. Embora a Caatinga em sua forma natural possua um valor ecológico intrínseco e forneça serviços ecossistêmicos essenciais, a implementação de sistemas de ILP bem planejados, como os que incluem o feijão, otimiza a produção de alimentos e biomassa de forma mais eficiente.

*Principais achados*

O sistema “(i) feijão” destacou-se pela sua capacidade de oferecer melhores resultados no desenvolvimento das culturas, maior crescimento das gramíneas forrageiras e melhor resultado para o ganho de peso dos ovinos.

O milho, apesar de apresentar um crescimento inicial promissor, mostrou-se menos adaptável às condições de sombreamento e competição por recursos, resultando em senescência foliar e menor desempenho em comparação aos outros sistemas.

## REFERÊNCIAS

- ABADE COSTA; FELIPE NOGUEIRA DOMINGUES; MARILICE ZUNDT ASTOLPHI; DIEGO AZEVEDO MOTA; RICARDO PEDROSO OAIGEN; JULIANO CALONEGO AUGUSTO SOUSA MIRANDA. **Influência do arranjo de plantas sobre a composição bromatológica da silagem de milho**. [s. l.: s. n.], 2013.
- AERTSENS, Joris; DE NOCKER, Leo; GOBIN, Anne. Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. **Land Use Policy**, [s. l.], vol. 31, p. 584–594, mar. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.09.003>.
- ALMEIDA PEREIRA, Beatriz De; PAULETTO, Daniela; DA SILVA, Ádria Fernandes; DE SOUSA, Verena Santos; DE SOUSA OLIVEIRA, Thiago Gomes; DA SILVA, Adrielle Fernandes. Influence of agroforestry system modalities on maize (*Zea mays*) yield in an Amazon ecosystem. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, [s. l.], vol. 15, 30 nov. 2021. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v15i0.7091>.
- AMPA. ASSOCIAÇÃO MATO-GROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO . 2021. **Arquivo AMPA**. Disponível em: <https://ampa.com.br/historia-do-algodao/>. Acessado em: 12 dez. 2024.
- ARAÚJO FILHO, João Ambrósio de. Manejo pastoril sustentável da caatinga. **Projeto Dom Helder Camara, Recife**, [s. l.], , p. 200, nov. 2013. .
- ARAUJO, Helder F. P.; CANASSA, Nathália F.; MACHADO, Célia C. C.; TABARELLI, Marcelo. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. **Scientific Reports**, [s. l.], vol. 13, nº 1, p. 18440, 27 out. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9>.
- ARNAN, Xavier; ARCOVERDE, Gabriela B.; PIE, Marcio R.; RIBEIRO-NETO, José D.; LEAL, Inara R. Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. **Science of The Total Environment**, [s. l.], vol. 631–632, p. 429–438, ago. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.037>.
- AYANKOJO, Ibukun Timothy; THORP, Kelly R.; MORGAN, Kelly; KOTHARI, Kritika; ALE, Srinivasulu. Assessing the Impacts of Future Climate on Cotton Production in the Arizona Low Desert. **Transactions of the ASABE**, [s. l.], vol. 63, nº 4, p. 1087–1098, 2020. <https://doi.org/10.13031/trans.13731>.
- AZUARA-MORALES, Iván; LÓPEZ-ORTIZ, Silvia; JARILLO-RODRÍGUEZ, Jesús; PÉREZ-HERNÁNDEZ, Ponciano; ORTEGA-JIMÉNEZ, Eusebio; CASTILLO-GALLEGOS, Epigmenio. Forage availability in a silvopastoral system having different densities of *Leucaena leucocephala* under Voisin grazing management. **Agroforestry Systems**, [s. l.], vol. 94, nº 5, p. 1701–1711, 20 out. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00487-5>.

BAIER, Clara; GROSS, Arthur; THEVS, Niels; GLASER, Bruno. Effects of agroforestry on grain yield of maize (*Zea mays* L.)—A global meta-analysis. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [s. l.], vol. 7, 17 maio 2023. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1167686>.

BARACUHY J G V; FURTADO D A; FRANCISCO P R M. **Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro**. 1ª Edição. Campina Grande-PB: EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - EDUFPG, 2017.

BARBOSA, Humberto Alves. Flash Drought and Its Characteristics in Northeastern South America during 2004–2022 Using Satellite-Based Products. **Atmosphere**, [s. l.], vol. 14, nº 11, p. 1629, 30 out. 2023. <https://doi.org/10.3390/atmos14111629>.

BEZERRA, R. C. A.; LEITE, M. L. D. M. V.; ALMEIDA, M. C. R.; LUCENA, L. R. R.; SIMÕES, V. J. L. P.; BEZERRA, F. J. S. D. M. *Urochloa mosambicensis* agronomic characteristics under different levels of phosphorus and nitrogen. **Magistra, Cruz das Almas – BA**, Magistra, Cruz das Almas – BA, vol. 30, p. 268–276, 2019. .

BUNGENSTAB E DJ. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável . 1 nov. 2012. **Brasília, DF: Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/938814/sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-a-producao-sustentavel>. Acessado em: 6 maio 2024.

CAMPOS, Anna Júlia de Moraes; SANTOS, Sarah Medeiros;; NACARATH, Inaia Rhavene Freire Fagundes; Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, [s. l.], vol. 10, nº 15, p. e311101523155, 19 nov. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>.

CAMPOS, José Nilson B. **Águas superficiais no semiárido brasileiro: Desafios ao atendimento aos usos múltiplos**. 1º ed. Campina Grande: Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas, 2011. vol. 1, .

CANIATO, Federico; CARIDI, Maria; CRIPPA, Luca; MORETTO, Antonella. Environmental sustainability in fashion supply chains: An exploratory case based research. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], vol. 135, nº 2, p. 659–670, fev. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.06.001>.

CARRERE, P.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J. F. Tissue Turnover Within Grass-Clover Mixed Swards Grazed by Sheep. Methodology for Calculating Growth, Senescence and Intake Fluxes. **The Journal of Applied Ecology**, [s. l.], vol. 34, nº 2, p. 333, abr. 1997. <https://doi.org/10.2307/2404880>.

CARVALHO, B.H.R.; MARTUSCELLO, J.A.; ROCHA, G.O.; SILVA, N.A.M.; BORGES, G.S.; SANTOS, M.E.R. Tillering dynamics in spring and summer of marandu palisade grass pastures previously used under deferred grazing. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], vol. 73, nº 6, p. 1422–1430, dez. 2021. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12333>.

CHAI, Rongfan; MAO, Jiafu; CHEN, Haishan; WANG, Yaoping; SHI, Xiaoying; JIN, Mingzhou; ZHAO, Tianbao; HOFFMAN, Forrest M.; RICCIUTO, Daniel M.; WULLSCHLEGER, Stan D. Human-caused long-term changes in global aridity. **npj Climate and Atmospheric Science**, [s. l.], vol. 4, nº 1, p. 65, 21 dez. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00223-5>.

COÊLHO, Jackson Dantas;; XIMENES, Luciano Feijão. FEIJÃO: PRODUÇÃO E MERCADO. **Caderno Setorial ETENE, Fortaleza**, v. 5, 2024., [s. l.], vol. 5 =, p. 143, 2020. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/29>. Acessado em: 20 jun. 2023.

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira; DE LOURDES DA COSTA MARTINS, Kalyne; CARVALHO, Monica. Carbon Footprint Associated with Firewood Consumption in Northeast Brazil: An Analysis by the IPCC 2013 GWP 100y Criterion. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], vol. 10, nº 10, p. 2985–2993, 30 out. 2019. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0282-1>.

COMPRERURAL. Nordeste se destaca como líder, abrigando 96% do rebanho caprino do país. 25 set. 2024. Disponível em: <https://www.comprerural.com/nordeste-se-destaca-como-lider-abrigando-96-do-rebanho-caprino-do-pais/>. Acessado em: 6 mar. 2025.

COSTA, Lucas; SANT'ANNA, André Albuquerque; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Barren lives: drought shocks and agricultural vulnerability in the Brazilian Semi-Arid. **Environment and Development Economics**, [s. l.], vol. 28, nº 6, p. 603–623, 7 dez. 2023. <https://doi.org/10.1017/S1355770X21000176>.

COUTO, Wanderson Henrique do; ANJOS, Lucia Helena Cunha dos; WADT, Paulo Guilherme Salvador; PEREIRA, Marcos Gervasio. ATRIBUTOS EDÁFICOS E RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO EM ÁREAS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO SUDOESTE AMAZÔNICO. **Ciência Florestal**, [s. l.], vol. 26, nº 3, p. 811–823, 30 set. 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509824210>.

CRUZ, Natan Teles; PIRES, Aureliano José Vieira; FRIES, Daniela Deitos; JARDIM, Renata Rodrigues; SOUSA, Bráulio Maia de Lana; DIAS, Daniel Lucas Santos; BONOMO, Paulo; RAMOS, Bárbara Louise Pacheco; SACRAMENTO, Marina Raíssa Silva Vieira do. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, [s. l.], vol. 10, nº 7, p. e5410716180, 13 jun. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16180>.

DARYANTO, Stefani; WANG, Lixin; JACINTHE, Pierre-André. Global Synthesis of Drought Effects on Food Legume Production. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 10, nº 6, p. e0127401, 10 jun. 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127401>.

DILLA, Aynalem; SMETHURST, Philip J.; BARRY, Karen; PARSONS, David; DENBOBA, Mekuria. Potential of the APSIM model to simulate impacts of shading on maize productivity. **Agroforestry Systems**, [s. l.], vol. 92, nº 6, p. 1699–1709, 4 dez. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0119-0>.

DIXON, Robert K.; WINJUM, Jack K.; ANDRASKO, Kenneth J.; LEE, Jeffrey J.; SCHROEDER, Paul E. Integrated land-use systems: Assessment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration. **Climatic Change**, [s. l.], vol. 27, n° 1, p. 71–92, maio 1994. <https://doi.org/10.1007/BF01098474>.

EHLERS, J.D.; HALL, A.E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Field Crops Research**, [s. l.], vol. 53, n° 1–3, p. 187–204, jul. 1997. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00031-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00031-2).

FAHAD, Shah; CHAVAN, Sangram Bhanudas; CHICHAGHARE, Akash Ravindra; UTHAPPA, Appanderanda Ramani; KUMAR, Manish; KAKADE, Vijaysinha; PRADHAN, Aliza; JINGER, Dinesh; RAWALE, Gauri; YADAV, Dinesh Kumar; KUMAR, Vikas; FAROOQ, Taimoor Hassan; ALI, Baber; SAWANT, Akshay Vijay; SAUD, Shah; CHEN, Shouyue; POCZAI, Peter. Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance. **Sustainability**, [s. l.], vol. 14, n° 22, p. 14877, 10 nov. 2022. <https://doi.org/10.3390/su142214877>.

FAROOQ, Muhammad; REHMAN, Abdul; AL-ALAWI, Amal K.M.; AL-BUSAIDI, Walid M.; LEE, Dong-Jin. Integrated use of seed priming and biochar improves salt tolerance in cowpea. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], vol. 272, p. 109507, out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109507>.

FENG, S.; FU, Q. Expansion of global drylands under a warming climate. **Atmospheric Chemistry and Physics**, [s. l.], vol. 13, n° 19, p. 10081–10094, 14 out. 2013. <https://doi.org/10.5194/acp-13-10081-2013>.

FERREIRA, Thomás R.; SILVA, Bernardo B. Da; MOURA, Magna S. B. De; VERHOEF, Anne; NÓBREGA, Rodolfo L.B. The use of remote sensing for reliable estimation of net radiation and its components: a case study for contrasting land covers in an agricultural hotspot of the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], vol. 291, p. 108052, set. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108052>.

FILHO, Pereira; MORAIS, José; SILVA, ; MARCOS DE AZEVEDO, Aderbal; CÉZAR, ;; FONTES, Marcílio. **Management of the Caatinga for the production of goats and sheep**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.rbspa.ufba.br>.

FORMIGA, Luiza Daiana Araújo da Silva; PEREIRA FILHO, José Moraes; SILVA, Aderbal Marcos de Azevêdo; OLIVEIRA, Nadjanara Souza; SOARES, Diogo Da Costa; BAKKE, Olaf Andreas. Forage supply in thinned Caatinga enriched with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) grazed by goats and sheep - doi: 10.4025/actascianimsci.v34i2.12548. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s. l.], vol. 34, n° 2, 22 mar. 2012. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i2.12548>.

FORMISANO, Luigi; MIRAS-MORENO, Begoña; CIRIELLO, Michele; ZHANG, Leilei; DE PASCALE, Stefania; LUCINI, Luigi; ROUPHAEL, Youssef. Between Light and Shading: Morphological, Biochemical, and Metabolomics Insights Into the Influence

of Blue Photosensitive Shading on Vegetable Seedlings. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], vol. 13, 25 maio 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.890830>.

FREITAS, Rômulo M. O. de; DOMBROSKI, Jeferson L. D.; FREITAS, Francisco C. L. de; NOGUEIRA, Narjara W.; LEITE, Tiago S.; PRAXEDES, Sidney C. Water use of cowpea under deficit irrigation and cultivation systems in semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], vol. 23, n° 4, p. 271–276, abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p271-276>.

GHAFFAR, Muhammad Adeel; AKRAM, Nudrat Aisha; SALEEM, Muhammad Hamzah; WANG, Jianyong; WIJAYA, Leonard; ALYEMENI, Mohammed Nasser. Ecotypic Morphological and Physio-Biochemical Responses of Two Differentially Adapted Forage Grasses, *Cenchrus ciliaris* L. and *Cyperus arenarius* Retz. to Drought Stress. **Sustainability**, [s. l.], vol. 13, n° 14, p. 8069, 20 jul. 2021. <https://doi.org/10.3390/su13148069>.

GIRIDHAR, Kandalam; SAMIREDDYPALLE, Anandan. Impact of Climate Change on Forage Availability for Livestock. **Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation**. New Delhi: Springer India, 2015. p. 97–112. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_7).

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da.; SIMÃO, E. de P.; ALMEIDA, R. G. de.; ALVES, F. V.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Mitigação de gases de efeito estufa em sistema de Integração Pecuária-Floresta e potencial de produção de Carne Carbono Neutro: Fazenda Lagoa dos Currais, Curvelo-MG. 2018. .

GORI MAIA, Alexandre; CESANO, Daniele; MIYAMOTO, Bruno Cesar Brito; EUSEBIO, Gabriela Santos; SILVA, Patricia Andrade de Oliveira. Climate change and farm-level adaptation: the Brazilian *Sertão*. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, [s. l.], vol. 10, n° 5, p. 729–751, 21 ago. 2018. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2017-0088>.

HE, Lei; LI, Zhao-Liang; WANG, Xunming; XIE, Yaowen; YE, Jian-Sheng. Lagged precipitation effect on plant productivity is influenced collectively by climate and edaphic factors in drylands. **Science of The Total Environment**, [s. l.], vol. 755, p. 142506, fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142506>.

HOU, Enqing; LITVAK, Marcy E.; RUDGERS, Jennifer A.; JIANG, Lifan; COLLINS, Scott L.; POCKMAN, William T.; HUI, Dafeng; NIU, Shuli; LUO, Yiqi. Divergent responses of primary production to increasing precipitation variability in global drylands. **Global Change Biology**, [s. l.], vol. 27, n° 20, p. 5225–5237, 26 out. 2021. <https://doi.org/10.1111/gcb.15801>.

HUANG, J.; LI, Y.; FU, C.; CHEN, F.; FU, Q.; DAI, A.; SHINODA, M.; MA, Z.; GUO, W.; LI, Z.; ZHANG, L.; LIU, Y.; YU, H.; HE, Y.; XIE, Y.; GUAN, X.; JI, M.; LIN, L.; WANG, S.; YAN, H.; WANG, G. Dryland climate change: Recent progress and challenges. **Reviews of Geophysics**, [s. l.], vol. 55, n° 3, p. 719–778, 9 set. 2017. <https://doi.org/10.1002/2016RG000550>.

HUANG, Jianping; JI, Mingxia; XIE, Yongkun; WANG, Shanshan; HE, Yongli; RAN, Jinjiang. Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**, [s. l.], vol. 46, n° 3–4, p. 1131–1150, 13 fev. 2016. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2636-8>.

HUANG, Jianping; YU, Haipeng; GUAN, Xiaodan; WANG, Guoyin; GUO, Ruixia. Accelerated dryland expansion under climate change. **Nature Climate Change**, [s. l.], vol. 6, n° 2, p. 166–171, 26 fev. 2016. <https://doi.org/10.1038/nclimate2837>.

HUANG, Zhiqun; LIU, Bao; DAVIS, Murray; SARDANS, Jordi; PEÑUELAS, Josep; BILLINGS, Sharon. Long-term nitrogen deposition linked to reduced water use efficiency in forests with low phosphorus availability. **New Phytologist**, [s. l.], vol. 210, n° 2, p. 431–442, 11 abr. 2016. <https://doi.org/10.1111/nph.13785>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. set. 2024. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2023**. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202409/valor-da-producao-da-pecuaria-e-aquicultura-chega-a-r-122-4-bilhoes-em-2023>. Acessado em: 6 mar. 2025.

IBGE. Semiárido Brasileiro. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html>. Acessado em: 23 jun. 2023.

IBRO, Germaine; SORGHO, Marie Claire; IDRIS, Amina Aminu; MOUSSA, Bokar; BARIBUTSA, Dieudonné; LOWENBERG-DEBOER, J. Adoption of cowpea hermetic storage by women in Nigeria, Niger and Burkina Faso. **Journal of Stored Products Research**, [s. l.], vol. 58, p. 87–96, jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.02.007>.

ICAC. Changes in Supply and Demand Estimates Since Last Week. 2022. Disponível em: [https://www.icac.org/Content/PublicationsPdf%20Files/9f1e2ebf\\_03c6\\_479c\\_9503\\_26d4c964d8a7/CTM\\_2022\\_04\\_01.pdf.pdf](https://www.icac.org/Content/PublicationsPdf%20Files/9f1e2ebf_03c6_479c_9503_26d4c964d8a7/CTM_2022_04_01.pdf.pdf). Acessado em: 8 jul. 2024.

IIO, Atsuhiko; HIKOSAKA, Kouki; ANTEN, Niels P. R.; NAKAGAWA, Yoshiaki; ITO, Akihiko. Global dependence of field-observed leaf area index in woody species on climate: a systematic review. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], vol. 23, n° 3, p. 274–285, 6 mar. 2014a. <https://doi.org/10.1111/geb.12133>.

IIO, Atsuhiko; HIKOSAKA, Kouki; ANTEN, Niels P. R.; NAKAGAWA, Yoshiaki; ITO, Akihiko. Global dependence of field-observed leaf area index in woody species on climate: a systematic review. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], vol. 23, n° 3, p. 274–285, 6 mar. 2014b. <https://doi.org/10.1111/geb.12133>.

INMET. 2018. **Instituto Nacional de Meteorologia (2018). “Normais Climatológicas do Brasil (1991- 2020). Brasília**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>. Acessado em: 26 mar. 2024.

JARDIM, Alexandre M. da R. Ferraz; SILVA, José R. I.; LEITE, Mauricio L. de M. Vieira; TEIXEIRA, Vicente I.; MORATO, Renilson P.; A. JÚNIOR, George do Nascimento; SILVA, Thieres G. F. da. Symbiotic interaction in forage crop cultivations: A review. **Amazonian Journal of Plant Research**, [s. l.], vol. 2, n° 1, p. 149–160, 2018. <https://doi.org/10.26545/ajpr.2018.b00019x>.

JONES, G. B.; TRACY, B. F. Persistence and productivity of orchardgrass and orchardgrass/alfalfa mixtures as affected by cutting height. **Grass and Forage Science**, [s. l.], vol. 73, n° 2, p. 544–552, 7 jun. 2018. <https://doi.org/10.1111/gfs.12309>.

JONES, Nicola. Heating up tensions. **Nature Climate Change**, [s. l.], vol. 1, n° 7, p. 327–329, 25 out. 2011. <https://doi.org/10.1038/nclimate1236>.

JÚNIOR, Everardes Públio; MORAIS, Otoniel Magalhães; ROCHA, Maurisrael De Moura; PÚBLIO, Ana Paula Prado Barreto; BANDEIRA, Arlete Da Silva. Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, [s. l.], vol. 45, n° 3, p. 223, 6 jul. 2017. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n3p223-230>.

KAY, Sonja; REGA, Carlo; MORENO, Gerardo; DEN HERDER, Michael; PALMA, João H.N.; BOREK, Robert; CROUS-DURAN, Josep; FREESE, Dirk; GIANNITSOPOULOS, Michail; GRAVES, Anil; JÄGER, Mareike; LAMERSDORF, Norbert; MEMEDEMINE, Daniyar; MOSQUERA-LOSADA, Rosa; PANTERA, Anastasia; PARACCHINI, Maria Luisa; PARIS, Pierluigi; ROCES-DÍAZ, José V.; ROLO, Victor; ROSATI, Adolfo; SANDOR, Mignon; SMITH, Jo; SZERENCSEI, Erich; VARGA, Anna; VIAUD, Valérie; WAWER, Rafal; BURGESS, Paul J.; HERZOG, Felix. Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. **Land Use Policy**, [s. l.], vol. 83, p. 581–593, abr. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.025>.

LARA, P E; CANCHÉ, M C; MARRUFO, N B; SANGINÉS, J R. **Restricted grazing of Pelibuey ewes in protein banks of mulberry (*Morus alba*)**. Cuba: [s. n.], 2007.

LEITE, Mauricio Luiz de Melo Vieira; LUCENA, Leandro Ricardo Rodrigues de; SÁ JÚNIOR, Eduardo Henrique de; CRUZ, Manoela Gomes da. Estimativa da área foliar em <i>Urochloa mosambicensis</i> por dimensões lineares. **Agropecuária Técnica**, [s. l.], vol. 38, n° 1, p. 9, 10 maio 2017. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.32041>.

LI, Na; LIN, Haixia; WANG, Tianxue; LI, Yi; LIU, Yi; CHEN, Xinguo; HU, Xiaotao. Impact of climate change on cotton growth and yields in Xinjiang, China. **Field Crops Research**, [s. l.], vol. 247, p. 107590, fev. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107590>.

LI, Na; YAO, Ning; LI, Yi; CHEN, Junqing; LIU, Deli; BISWAS, Asim; LI, Linchao; WANG, Tianxue; CHEN, Xinguo. A meta-analysis of the possible impact of climate change on global cotton yield based on crop simulation approaches. **Agricultural Systems**, [s. l.], vol. 193, p. 103221, out. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103221>.

LI, Suosuo; GAO, Yanhong; LYU, Shihua; LIU, Yuanpu; PAN, Yongjie. Response of surface air temperature to the change of leaf area index in the source region of the Yellow River by the WRF model. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], vol. 138, n° 3–4, p. 1755–1765, 6 nov. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02931-8>.

LINDOSO, Diego Pereira; ROCHA, Juliana Dalboni; DEBORTOLI, Nathan; PARENTE, Izabel Ibiapina; EIRÓ, Flávio; BURSZTYN, Marcel; RODRIGUES-FILHO, Saulo. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. **Climatic Change**, [s. l.], vol. 127, n° 1, p. 93–105, 8 nov. 2014. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1116-1>.

MA, Yingying; WANG, Weiyan; JIN, Shikuan; LI, Haoxin; LIU, Bomng; GONG, Wei; FAN, Ruonan; LI, Hui. Spatiotemporal variation of LAI in different vegetation types and its response to climate change in China from 2001 to 2020. **Ecological Indicators**, [s. l.], vol. 156, p. 111101, dez. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111101>.

MAGALHÃES, Paulo César; MACHADODURÃES, Frederico Ozanan; PAIVA, Edilson. Fisiologia da planta de Milho- Vinculada ao Ministerio da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária-MAARA Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa - Sete Lagoas**, [s. l.], 1995. .

MANHÃES, Adriana Pellegrini; MAZZOCHINI, Guilherme Gerhardt; OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira; GANADE, Gislene; CARVALHO, Adriana Rosa. Spatial associations of ecosystem services and biodiversity as a baseline for systematic conservation planning. **Diversity and Distributions**, [s. l.], vol. 22, n° 9, p. 932–943, set. 2016. <https://doi.org/10.1111/ddi.12459>.

MANSOOR, Ubeda; FATIMA, Sana; HAMEED, Mansoor; NASEER, Mehwish; AHMAD, Muhammad Sajid Aqeel; ASHRAF, Muhammad; AHMAD, Farooq; WASEEM, Muhammad. Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. **Flora**, [s. l.], vol. 261, p. 151485, dez. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151485>.

MANUELA TAMAYO-CHIM; CASANDRA REYES-GARCÍA ;; ROGER ORELLANA; A combination of forage species with different responses to drought can increase year-round productivity in seasonally dry silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, [s. l.], vol. 84, n° 2, p. 287–297, 21 fev. 2012. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9470-8>.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)**, Brasília, DF, , p. 149–176, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/258093077>.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. Aprenda Fácil. Viçosa: [s. n.], 2013.

MATTOS, Jorge Luiz Schirmer de. **AVALIAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE ESPÉCIES DE *Brachiaria* SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE ÁGUA NO SOLO.** [S. l.: s. n.], 2001.

MEDEIROS, S.S.; SALCEDO, I.H.; SANTOS, D.B.; BATISTA, R.O.; SANTOS JÚNIOR, J.A.; LIMA, R.C.C.; MARIN, A.M.P. **Esgotamento Sanitário: Panorama para o Semiárido Brasileiro.** Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido - INSA, 2014. <https://doi.org/10.12702/978-85-64265-21-9>.

MENEZES SANTOS, Patricia; VINHAS VOLTOLINI, Tadeu; CLARA RODRIGUES CAVALCANTE, Ana; RICARDO MACEDO PEZZOPANE, José; SOELMA BESERRA DE MOURA, Magna; GEORGE FREIRE DA SILVA, Thieres; MARANHÃO BETTIOL, Giovana; GOMES DA CRUZ, Pedro; DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE, Pesquisador; CARLOS, São. **Revista Brasileira de Geografia Física Mudanças Climáticas Globais e a Pecuária: Cenários Futuros para o Semiárido Brasileiro.** [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe).

MIAO, Lijuan; LI, Suyuan; ZHANG, Feng; CHEN, Tiexi; SHAN, Yunpeng; ZHANG, Yushan. Future Drought in the Dry Lands of Asia Under the 1.5 and 2.0 °C Warming Scenarios. **Earth's Future**, [s. l.], vol. 8, nº 6, jun. 2020. <https://doi.org/10.1029/2019EF001337>.

MILESI, Cristina; SAMANTA, Arindam; HASHIMOTO, Hirofumi; KUMAR, K. Krishna; GANGULY, Sangram; THENKABAIL, Prasad S.; SRIVASTAVA, Ashok N.; NEMANI, Ramakrishna R.; MYNENI, Ranga B. Decadal Variations in NDVI and Food Production in India. **Remote Sensing**, [s. l.], vol. 2, nº 3, p. 758–776, 11 mar. 2010. <https://doi.org/10.3390/rs2030758>.

MOREIRA, José Armando de Sousa; FAGUNDES, Jailson Lara; MISTURA, Claudio; LEMOS, Nailson Lima Santos; MOREIRA, José Nilton; BACKES, Alfredo Acosta; MORAIS, Juciléia Aparecida da Silva; OLIVEIRA, Veronaldo Souza de; MOREIRA, Andréia Luciane. Características morfogenéticas, estruturais e produtivas de acessos de capim-buffel. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], vol. 36, nº 1, p. 391, 28 fev. 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p391>.

MOREIRA, José Nilton; LIRA, Mário de Andrade; SANTOS, Mércia Virginia Ferreira dos; FERREIRA, Marcelo de Andrade; ARAÚJO, Gherman Garcia Leal de; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo; SILVA, Grécia Cavalcanti da. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], vol. 41, nº 11, p. 1643–1651, nov. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001100011>.

NAIR, P. K. R. Soil productivity aspects of Agroforestry. **ICRAF**, [s. l.], 1984. .

NASCIMENTO JUNIOR, Domicio Do; FRÓES, Américo; NETO, Garcez; AMORIM BARBOSA, Rodrigo; SOARES DE ANDRADE, Carlos Mauricio. **FUNDAMENTOS PARA O MANEJO DE PASTAGENS: EVOLUÇÃO E ATUALIDADE.** [S. l.: s. n.], 2002.

OLIVEIRA ET AL. Capacidade de suporte, produção e composição do dossel Forrageiro de três gramíneas irrigadas ou não no período Seco. **Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], , p. 88–92, 2016. .

OLIVERA VICIEDO, Dilier; DE MELLO PRADO, Renato; MARTÍNEZ, Carlos Alberto; HABERMANN, Eduardo; DE CÁSSIA PICCOLO, Marisa. Short-term warming and water stress affect *Panicum maximum* Jacq. stoichiometric homeostasis and biomass production. **Science of The Total Environment**, [s. l.], vol. 681, p. 267–274, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.108>.

PAL R. **Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing**. Singapore: Springer Singapore, 2014. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7>.

PAL, Rudrajeet; GANDER, Jonathan. Modelling environmental value: An examination of sustainable business models within the fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], vol. 184, p. 251–263, maio 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.001>.

PARKER, Geoffrey G; RUSS, Mary E. The canopy surface and stand development: assessing forest canopy structure and complexity with near-surface altimetry. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], vol. 189, nº 1–3, p. 307–315, fev. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.09.001>.

PARLAMENTO EUROPEU: DIREÇÃO-GERAL DE POLÍTICAS INTERNAS DA UNIÃO, IEEP, Nesbit, M., Hart, K., Ziemann, J., Allen, B., Keenleyside, C., Maréchal, A., Nanni, S., & Paquel, K. Investigação para o comité agrícola - as consequências das alterações climáticas para a agricultura da UE: seguimento da COP21 - Conferência das Nações Unidas sobre as alterações climáticas em Paris: investigação para o Comité AGRI. **Parlamento Europeu**, [s. l.], 3 abr. 2017. .

PEZZOPANE, José Ricardo Macedo; BERNARDI, Alberto Carlos Campos; BOSI, Cristiam; OLIVEIRA, Patricia Perondi Anchão; MARCONATO, Matheus Henrique; DE FARIA PEDROSO, André; ESTEVES, Sérgio Novita. Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. **Agroforestry Systems**, [s. l.], vol. 93, nº 1, p. 39–49, 2 fev. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0149-7>.

QUANDT, Amy; NEUFELDT, Henry; MCCABE, J. Terrence. Building livelihood resilience: what role does agroforestry play? **Climate and Development**, [s. l.], vol. 11, nº 6, p. 485–500, 3 jul. 2019. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1447903>.

RAJAUD, Amélie; NOBLET-DUCOUDRÉ, Nathalie de. Tropical semi-arid regions expanding over temperate latitudes under climate change. **Climatic Change**, [s. l.], vol. 144, nº 4, p. 703–719, 31 out. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2052-7>.

RAMACHANDRAN NAIR, P.K.; NAIR, Vimala D.; MOHAN KUMAR, B.; SHOWALTER, Julia M. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. [S. l.: s. n.], 2010. p. 237–307. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3).

- RIEPLÉ, Alison; SINGH, Rajbir. A value chain analysis of the organic cotton industry: The case of UK retailers and Indian suppliers. **Ecological Economics**, [s. l.], vol. 69, nº 11, p. 2292–2302, set. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.025>.
- RODRIGUES MAIA, Felipe. EVAPOTRANSPIRATION TANK (TVAP). **Journal of Interdisciplinary Debates**, [s. l.], vol. 4, nº 02, p. 114–142, 24 jun. 2023. <https://doi.org/10.51249/jid.v4i02.1388>.
- ROGÉRIO BOSQUEIRO; ANA CLARA ROCHA; ORLANDO LUCATO. HF+Floresta = Sistemas Agroflorestais (SAF's). É Possível Produzir Todos Num Espaço Só? **CEPEA-ESALQ/USP**, [s. l.], vol. Ano 16 Nº169, p. 42, 2017. .
- ROSS, K.; WASKOW, D.; GE, M. Mudanças Climáticas: veja 5 grandes resultados do relatório do IPCC. 9 ago. 2021. .
- SÁNCHEZ, I.A.; MCCOLLIN, D. A comparison of microclimate and environmental modification produced by hedgerows and dehesa in the Mediterranean region: A study in the Guadarrama region, Spain. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], vol. 143, p. 230–237, nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.07.002>.
- SANTOS, Mércia Virginia Ferreira dos; LIRA, Mário de Andrade; DUBEUX JUNIOR, José Carlos Batista; GUIM, Adriana; MELLO, Alexandre Carneiro Leão de; CUNHA, Márcio Vieira da. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], vol. 39, nº suppl spe, p. 204–215, jul. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300023>.
- SCHULZ, Vanessa S.; MUNZ, Sebastian; STOLZENBURG, Kerstin; HARTUNG, Jens; WEISENBURGER, Sebastian; MASTEL, Klaus; MÖLLER, Kurt; CLAUPEIN, Wilhelm; GRAEFF-HÖNNINGER, Simone. Biomass and Biogas Yield of Maize (*Zea mays* L.) Grown under Artificial Shading. **Agriculture**, [s. l.], vol. 8, nº 11, p. 178, 12 nov. 2018. <https://doi.org/10.3390/agriculture8110178>.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **MANEJO NUTRICIONAL DE OVINOS DE CORTE**. 2a ed. Brasília, DF, Brasil.: LK Editora e Comunicação, 2009. vol. Série SENAR AR/MT-71, .
- SHELTON, Harry Max. **The Effect of Shade on Forage Quality**. Sanur Beach, Bali, Indonesia: [s. n.], 27 jun. 1991. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237270613>.
- SILVA, Augusto C.; SOUZA, Alexandre F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. **PLOS ONE**, [s. l.], vol. 13, nº 4, p. e0196130, 27 abr. 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196130>.
- SILVA, Lucas Augusto Pereira da; SILVA, Claudionor Ribeiro da; SOUZA, Cristiano Marcelo Pereira de; BOLFE, Édson Luís; SOUZA, João Paulo Sena; LEITE, Marcos Esdras. Mapping of aridity and its connections with climate classes and climate

desertification in future scenarios – Brazilian semi-arid region. **Sociedade & Natureza**, [s. l.], 19 jun. 2023. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67666x>.

SIMÕES, J.; ABECIA, J.A.; CANNAS, A.; DELGADILLO, J.A.; LACASTA, D.; VOIGT, K.; CHEMINEAU, P. Review: Managing sheep and goats for sustainable high yield production. **Animal**, [s. l.], vol. 15, p. 100293, dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100293>.

SINCLAIR, Fergus L. Classificação de sistemas agroflorestais. **Agroforestry Systems**, [s. l.], vol. 46, nº 2, p. 161–180, 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1006278928088>.

SINDHI, SJ; THANKI, JD; DESAI, LJ. A review on integrated nutrient management (INM) approach for maize. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [s. l.], vol. v. 7, n. 4, p. 3266–3269, 2018. .

SOARES SEVERINO, Liv; MARIA MORAIS RODRIGUES, Sandra; GONZAGA CHITARRA, Luiz; LIMA FILHO, Joaquim; CONTINI, Elisio; MOTA, Mierson; MARRA, Renner; ARAÚJO, Adalberto. **SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT3) Produto: ALGODÃO-Parte 01: Caracterização e Desafios Tecno-lógicos**. [S. l.: s. n.], 2019.

SOUZA, Bartolomeu Israel; ARTIGAS, Rafael Cámara; LIMA, Eduardo R. Viana de. The Caatinga and desertification. **Mercator**, [s. l.], vol. 14, nº 01, p. 131–150, 26 abr. 2015. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>.

SOUZA, Danielle Gomes; SFAIR, Julia C.; DE PAULA, Alexandre Souza; BARROS, Maria Fabíola; RITO, Kátia F.; TABARELLI, Marcelo. Multiple drivers of aboveground biomass in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], vol. 435, p. 57–65, mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.042>.

SPINONI, Jonathan; BARBOSA, Paulo; CHERLET, Michael; FORZIERI, Giovanni; MCCORMICK, Niall; NAUMANN, Gustavo; VOGT, Jürgen V.; DOSIO, Alessandro. How will the progressive global increase of arid areas affect population and land-use in the 21st century? **Global and Planetary Change**, [s. l.], vol. 205, p. 103597, out. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103597>.

SUN, Zhi-Chao; GENG, Wen-Jie; REN, Bai-Zhao; ZHAO, Bin; LIU, Peng; ZHANG, Ji-Wang. Responses of the photosynthetic characteristics of summer maize to shading stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, [s. l.], vol. 209, nº 3, p. 330–344, 22 jun. 2023. <https://doi.org/10.1111/jac.12630>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, IM;; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre, Brasil: [s. n.], 2017.

TEIXEIRA, Walquíria Fernanda; FAGAN, Evandro Binotto; SILVA, Janaína Oliveira; SILVA, Poliane Golçalves da; SILVA, Flávia Helena; SOUSA, Marília Caixeta; CANEDO, Sabrina de Carvalho. Atividade da enzima nitrato redutase e crescimento de

*Swietenia macrophylla* King sob efeito de sombreamento. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], vol. 20, nº 1, p. 91–98, 2013. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.068>.

TERASAKI HART, Drew E.; YEO, Samantha; ALMARAZ, Maya; BEILLOUIN, Damien; CARDINAEL, Rémi; GARCIA, Edenise; KAY, Sonja; LOVELL, Sarah Taylor; ROSENSTOCK, Todd S.; SPRENKLE-HYPPOLITE, Starry; STOLLE, Fred; SUBER, Marta; THAPA, Bhuwan; WOOD, Stephen; COOK-PATTON, Susan C. Priority science can accelerate agroforestry as a natural climate solution. **Nature Climate Change**, [s. l.], vol. 13, nº 11, p. 1179–1190, 28 nov. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01810-5>.

THARANGANI, R. M. H.; YAKUN, C.; ZHAO, L. S.; MA, L.; LIU, H. L.; SU, S. L.; SHAN, L.; YANG, Z. N.; KONONOFF, P. J.; WEISS, W. P.; BU, D. P. Corn silage quality index: An index combining milk yield, silage nutritional and fermentation parameters. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], 2021. .

THEODORE T. KOZLOWSKI; STEPHEN G. PALLARDY; PAUL J. KARAMER. The Physiological Ecology of Woody Plants. **Tree Physiology**, [s. l.], vol. 8, nº 2, p. 213–213, 1 mar. 1991. <https://doi.org/10.1093/treephys/8.2.213>.

TORRALBA, Mario; FAGERHOLM, Nora; BURGESS, Paul J.; MORENO, Gerardo; PLIENINGER, Tobias. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], vol. 230, p. 150–161, ago. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.

USDA. **Cotton: World Markets and Trade Imports Domestic Use Minus Production**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2024-06/Cotton.pdf>. Acessado em: 8 jul. 2024.

VILELA, Lourival; CLÁUDIO, Manuel; MACEDO, Motta; BUENO, Geraldo; JÚNIOR, Martha; KLUTHCOUSKI, João. **CAPÍTULO 3 Degradação de Pastagens e Indicadores de Sustentabilidade**. [S. l.: s. n.], 2003.

VOLENEC, Jeffrey J.; NELSON, C. Jerry. Carbon Metabolism in Forage Plants. **Forages**. [S. l.]: Wiley, 2020. p. 65–84. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch4>.

WILSON, Matthew; LOVELL, Sarah. Agroforestry—The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture. **Sustainability**, [s. l.], vol. 8, nº 6, p. 574, 18 jun. 2016. <https://doi.org/10.3390/su8060574>.

WWF BRASIL. Restauração ecológica no Brasil: desafios e oportunidades. 12 set. 2017. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?60742/Restaurao-ecologica-no-Brasil-desafios-e-oportunidades>. Acessado em: 20 out. 2024.

XIE, Fuchun; SHI, Zhenjie; ZHANG, Gaoyun; ZHANG, Cuiting; SUN, Xiaoyang; YAN, Yu; ZHAO, Wei; GUO, Zhixin; ZHANG, Lu; FAHAD, Shah; SAUD, Shah; CHEN, Yajun. Quantitative leaf anatomy and photophysiology systems of C3 and C4

turfgrasses in response to shading. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], vol. 274, p. 109674, dez. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109674>.

ZHANG, Dongsheng; DU, Guijuan; SUN, Zhanxiang; BAI, Wei; WANG, Qi; FENG, Liangshan; ZHENG, Jiaming; ZHANG, Zhe; LIU, Yang; YANG, Shu; YANG, Ning; FENG, Chen; CAI, Qian; EVERS, Jochem B.; VAN DER WERF, Wopke; ZHANG, Lizhen. Agroforestry enables high efficiency of light capture, photosynthesis and dry matter production in a semi-arid climate. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], vol. 94, p. 1–11, mar. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.001>.