



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**IMPLANTAÇÃO DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA
DE *GLIRICIDIA SEPIUM* E APLICAÇÃO DE DESCRITORES
MORFOLÓGICOS E MOLECULARES**

AIRTON MARQUES DE CARVALHO

2025



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

AIRTON MARQUES DE CARVALHO

**IMPLANTAÇÃO DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *GLIRICIDIA*
SEPIUM E APLICAÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E
MOLECULARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientadora
Prof^a. Dr^a. Ana Veruska Cruz da Silva

Coorientador
Dr. Evandro Neves Muniz

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2025

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

C331i Carvalho, Airton Marques de.
Implantação do banco ativo de germoplasma de *Gliricidia sepium* e aplicação de descritores morfológicos e moleculares / Airton Marques de Carvalho; orientadora Ana Veruska Cruz da Silva. – São Cristóvão, SE, 2025.
76 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2024.

1. Agrobiodiversidade. 2. Árvores. 3. Leguminosas. 4. Bancos de genes de plantas. 5. Plantas – Propagação por estaquia. I. Silva, Ana Veruska Cruz da, orient. II. Título.

CDU 582.736

AIRTON MARQUES DE CARVALHO

IMPLANTAÇÃO DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *GLIRICIDIA SEPIUM* E APLICAÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E MOLECULARES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2025.

Dra. Ana Veruska Cruz da Silva	(Embrapa Tabuleiros Costeiros/UFS)
Dra. Juliana Lopes Souza	(Embrapa Tabuleiros Costeiros)
Dra. Marília Freitas de Vasconcelos Melo	(Universidade Federal de Alagoas - UFAL)

Dr. Evandro Neves Muniz
(Coorientador)

Profa. Dra. Ana Veruska Cruz da Silva
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 ANA VERUSKA CRUZ DA SILVA MUNIZ
Data: 18/04/2025 11:06:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL**

A todos que me ajudaram nessa jornada de muito aprendizado.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela força, sabedoria e paciência em cada etapa desta jornada. Aos meus pais, pelo apoio, amor e motivação que sempre me deram. À minha orientadora, Ana Veruska, e ao meu coorientador, Evandro Muniz, agradeço pela orientação, paciência e dedicação, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Sou profundamente grato à Juliana Lopes, pela ajuda importantíssima e pelo conhecimento compartilhado, que foram fundamentais para a execução da pesquisa. Agradeço também à minha noiva, Laura Catharine, pelo apoio emocional e pela compreensão em todos os momentos.

Agradeço à Universidade Federal de Sergipe e à Embrapa pela oportunidade de realizar meu mestrado, além de todo o suporte acadêmico e estrutural fornecido. Agradeço aos meus amigos e colegas de trabalho, que sempre estiveram dispostos a compartilhar ideias, oferecer apoio e colaborar nas dificuldades. Suas palavras de incentivo e as trocas de experiências foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal durante todo o mestrado.

Também não posso deixar de agradecer aos membros do programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade da UFS, que proporcionaram um ambiente de aprendizado estimulante e acolhedor. A convivência com profissionais competentes e dedicados fez toda a diferença, e sou grato por cada oportunidade e desafio que vivi ao longo dessa trajetória.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo não sendo mencionados, mas que estiveram ao meu lado e me ajudaram em cada passo dessa caminhada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
4. ARTIGO 1: POTENCIAL AGRÍCOLA E BIOTECNOLÓGICO DE <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i> : UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	14
Resumo	14
4.1. Introdução	15
4.2. Material e Métodos	17
4.3. Resultados e discussão	20
4.4. Conclusões	26
4.5. Referências Bibliográficas	27
5. ARTIGO 2: COLETA, INTERCÂMBIO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i>	34
Resumo	34
5.1. Introdução	34
5.2. Material e Métodos	35
5.3. Resultados	38
5.4. Discussão	44
5.5. Referências Bibliográficas	46
6. ARTIGO 3: BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE <i>GLIRICÍDIA</i> DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS: ANO 1.	49
Resumo	49
6.1. Introdução	49
6.2. Material e Métodos	51
6.3. Resultados e discussão	54
6.4. Conclusões	59
6.5. Referências Bibliográficas	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura	Página
1 Distribuição geográfica da <i>G. sepium</i>	6
2 Biomas dos estados do Brasil onde há ocorrência da espécie <i>G. sepium</i>	7
3 Municípios do estado de Sergipe onde houve registro da ocorrência da espécie <i>G. sepium</i>	8
4 Inflorescência de <i>G. sepium</i> no BAG Gliricidia	9

ARTIGO 1

Figura	Página
1 Fluxograma das etapas do estudo científico para <i>Gliricidia sepium</i>	18
2 Palavras-chave mais utilizadas em artigos científicos sobre <i>G. sepium</i>	20
3 Países com maior número de produção científica sobre <i>G. sepium</i> (SCP: Publicações de um único país / MCP: Publicações de múltiplos países)	21
4 Números de produções científicas por ano	22
5 Produção de estudos científicos dos principais países com estudos sobre a espécie.....	23
6 Revistas científicas com maior número de estudos relacionados à <i>Gliricidia sepium</i>	23

ARTIGO 2

Figura	Página
1 Origem dos genótipos de <i>Gliricidia sepium</i> utilizados para estudo de diversidade genética.....	48
2 Dendrograma realizado a partir do método UPGMA baseado na matriz de distância genética de Rogers dos 115 genótipos de <i>Gliricidia sepium</i>	53
3 Análises de Coordenadas Principais (PCoA) de 115 genótipos de <i>Gliricidia sepium</i> oriundos dos estados de Sergipe, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e Roraima	55
4 Representação de 17 populações com um total de 115 genótipos da análise molecular de <i>Gliricidia sepium</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros divididos em dois grupos (K=2)	56
5 Porcentagem de genótipos por grupos a partir da análise do software Structure. G1 = Grupo 1, G2 = Grupo 2 e AM = Ancestralidade Mista	57

ARTIGO 3

Figura	Página
1 Mudanças de <i>G. sepium</i> aos cinco meses de plantio, produzidas em recipientes plásticos (A) e mantidas em estufa coberta. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE, 2023. Fotos: Samuel Figueiredo de Souza	69
2 Mapa de localização do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia (BAGGliricídia), no Campo Experimental de Umbaúba - SE, pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros	70
3 Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia da Embrapa Tabuleiros	71

	Costeiros. Umbaúba, SE. Fevereiro de 2024. Foto: Ana Veruska Cruz da Silva	
4	Médias das características fenotípicas dos genótipos de <i>G. sepium</i> do BAGGliricídia	74
5	Dendrograma da análise fenotípica dos genótipos do BAGGliricídia	75
6	Ocorrência dos fungos (A) e (B) em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba, SE. Fotos: Airton Marques de Carvalho.....	77

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela	Página
1 Critérios de inclusão e exclusão utilizados pelo estudo.....	19
2 Compostos identificados em diferentes estudos de <i>Gliricidia sepium</i> e suas propriedades	29

ARTIGO 2

Tabela	Página
1 Identificação dos genótipos, acesso e procedência	47
2 Primers ISSR testados para <i>Gliricidia sepium</i> , sequências e temperaturas de anelamento (TA)	49
3 Relação dos primers ISSR, número total de fragmentos, número de fragmentos polimórficos e porcentagem de polimorfismo, gerados pelas reações de PCR para estudo da diversidade genética dos primers utilizados na caracterização dos acessos de <i>Gliricidia sepium</i>	51
4 Matriz de distância genética de Nei de genótipos (G) de <i>Gliricidia sepium</i> mantidos na Embrapa Tabuleiros Costeiros.....	52
5 Análise de Variância Molecular (AMOVA) entre e dentro das populações de <i>Gliricidia sepium</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros com base nos nove primers ISSR analisados.....	52
6 Composição e origem dos grupos formados a partir do agrupamento UPGMA.....	54

ARTIGO 3

Tabela	Página
1 Codificação, procedência, data de introdução e número de indivíduos para composição inicial do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba – SE, 2024	68
2 Análise de fertilidade de solos da área do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba – SE, 2024	70
3 Características morfológicas e botânicas avaliadas em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Umbaúba, SE.....	71
4 Percentual de sobrevivência (%) e valores médios de características de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) dos acessos que compõem o Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> , Umbaúba, SE.....	72
5 Valores médios das características de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) e desenvolvimento (inflorescência e frutificação) dos acessos que compõem o Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> , Umbaúba, SE.....	73
6 Percentuais observados nas características morfológicas em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de <i>Gliricidia</i> da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Umbaúba, SE.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- % - Porcentagem
- ± - Mais ou menos (indica desvio padrão ou intervalo de confiança)
- °C - Graus Celsius
- AMOVA - Análise Molecular de Variância
- BAG - Banco Ativo de Germoplasma
- cm - Centímetro
- CTAB - Brometo de Cetiltrimetilamônio (Cetyltrimethylammonium Bromide)
- DNA - Ácido Desoxirribonucleico
- F - Valor F em análise de variância
- g - Grama
- H₂O - Água
- ISSR - Inter Simple Sequence Repeats
- K - Potássio (como elemento químico)
- kg - Quilograma
- L - Litro
- m - Metro
- MCMC - Cadeias de Markov Monte Carlo (Markov Chain Monte Carlo)
- mg - Miligrama
- mL - Mililitro
- mm - Milímetro
- μL - Microlitro
- Na - Sódio (como elemento químico)
- N - Nitrogênio (como elemento químico)
- p - Valor de probabilidade estatística
- PB - Paraíba
- PCR - Reação em Cadeia da Polimerase (Polymerase Chain Reaction)
- PE - Pernambuco
- PCoA - Análises de Coordenadas Principais (Principal Coordinates Analysis)
- R² - Coeficiente de determinação
- RFLP - Restriction Fragment Length Polymorphism
- RJ - Rio de Janeiro
- RO - Rondônia
- RNA - Ácido Ribonucleico
- SD - Desvio Padrão (Standard Deviation)
- SE - Sergipe
- UPGMA - Método de Agrupamento Não Ponderado com Médias Aritméticas (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean)

RESUMO

CARVALHO, Airton Marques de. **Implantação do Banco Ativo de Germoplasma de *Gliricidia sepium* e aplicação de descritores morfológicos e moleculares.** São Cristóvão: UFS, 2025. 74p. (Dissertação– Mestrado em Agricultura e Biodiversidade). *

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é uma leguminosa tropical amplamente utilizada na agricultura sustentável devido à sua capacidade de fixar nitrogênio, melhorar a fertilidade do solo e recuperar áreas degradadas. Suas múltiplas aplicações incluem adubação verde, forragem, sombreamento de culturas e uso como cerca viva em sistemas agroecológicos e agrossilvipastoris. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de diversos estudos científicos, com o intuito de identificar os diferentes usos de *G. sepium* no mundo, além de avaliar suas características moleculares e fenotípicas. Por meio da revisão sistemática, foi possível observar que a espécie se destaca pela alta produção de biomassa, resistência a períodos de seca e capacidade de enriquecer o solo, tornando-se uma alternativa viável para reduzir o uso de insumos químicos e promover a sustentabilidade agrícola. Além disso, apresenta importantes resultados na área da saúde, como no tratamento de coceiras na pele e no combate ao vírus SARS-CoV-2. Por meio de estudos genéticos utilizando nove marcadores moleculares ISSR, foi possível avaliar a diversidade genética da *G. sepium* no Brasil. Esta espécie apresentou baixa diversidade genética entre seus indivíduos. Esse resultado pode ter ocorrido devido à sua propagação predominante por estaquia, que pode limitar a variabilidade genética. Esses estudos permitem identificar genótipos com características desejáveis, como maior resistência a estresses bióticos e abióticos, além de auxiliar programas de melhoramento genético que visam o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a diferentes condições climáticas e sistemas agrícolas. O estudo fenotípico também revelou baixa diversidade genética entre os acessos, mostrando que o modo de propagação da espécie é bastante importante para a diversidade de uma espécie. Logo, a *G. sepium* é uma planta com grande potencial, tornando-se uma espécie importante para a agricultura, para a qual estudos genéticos para aumentar seus potenciais são de grande importância.

Palavras-chave: Análise molecular, biodiversidade, *gliricídia*, conservação genética, banco de genes.

* Comitê Orientador: Ana Veruska Cruz da Silva – EMBRAPA (Orientadora), Evandro Neves Muniz – EMBRAPA (Coorientador).

ABSTRACT

CARVALHO, Airton Marques de. **Implementation of an active germplasm bank of *Gliricidia sepium* and application of morphological and molecular descriptors.** São Cristóvão: UFS, 2025. 74p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity). *

Gliricidia (*G. sepium sepium*) is a tropical legume widely used in sustainable agriculture due to its ability to fix nitrogen, improve soil fertility, and restore degraded areas. Its multiple applications include green manure, forage, crop shading, and use as a living fence in agroecological and agroforestry systems. Thus, the aim of this study was to survey various scientific studies to identify the different uses of *G. sepium* worldwide. Additionally, the study sought to evaluate the molecular and phenotypic characteristics of this plant. Through a systematic review, it was observed that the species stands out for its high production of biomass, resistance to drought periods, and ability to enrich the soil, making it a viable alternative to reduce the use of chemical inputs and promote agricultural sustainability. Moreover, it has shown important results in the healthcare, such as treating skin itching and combating the SARS-CoV-2 virus. Genetic studies using nine ISSR molecular markers enabled the evaluation of the genetic diversity of *G. sepium* in Brazil. This species exhibited low genetic diversity among its individuals, which may have resulted from its predominant propagation by cuttings, potentially limiting genetic variability. These studies help identify genotypes with desirable traits, such as greater resistance to biotic and abiotic stresses, and support breeding programs aimed at developing cultivars better adapted to different climatic conditions and agricultural systems. The phenotypic study also revealed low genetic diversity among accessions, highlighting the significant role of propagation methods in a species' genetic diversity. Therefore, *G. sepium* is a plant with great potential, making it an important species for agriculture, in which genetic studies to enhance its potential are of great significance.

Keywords: Molecular analysis, biodiversity, *gliricidia*, genetic conservation, gene bank

* Guidance Committee: Ana Veruska Cruz da Silva – EMBRAPA (Advisor), Evandro Neves Muniz – EMBRAPA (Co-advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura sustentável é um campo em evolução constante, devido ao crescente interesse em práticas que promovem o uso responsável dos recursos naturais. Entre essas práticas, a adoção de culturas que contribuem para a manutenção da saúde do solo e a biodiversidade local possui grande importância pois objetiva-se não apenas melhorar a produtividade, mas também garantir um equilíbrio ecológico de longo prazo, que minimize o impacto ambiental da atividade agrícola.

Nesse contexto, as leguminosas vêm se destacando como uma das principais soluções na promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis. As leguminosas que pertencem à família Fabaceae incluem uma variedade de espécies com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico. Isso é devido à associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, presentes nas raízes, que contribuem para a melhoria da fertilidade do solo. Essa característica torna as leguminosas alternativas para a substituição parcial ou complementar de fertilizantes nitrogenados, reduzindo a necessidade de insumos químicos.

A presença das leguminosas nos sistemas de produção agrícola também oferece outros benefícios. Essas plantas contribuem para a estruturação do solo, aumentando a retenção de umidade e promovendo uma maior resiliência a condições de seca. Além disso, algumas espécies de leguminosas são altamente nutritivas, fornecendo forragem de qualidade para a alimentação animal e, assim, se integrando a sistemas agropecuários diversificados e de baixo impacto.

Entre as leguminosas, tem-se a gliricídia (*Gliricidia sepium*), espécie adaptada a diferentes condições de cultivo, especialmente em climas tropicais e subtropicais. Originária da América Central e México, a *G. sepium* tem sido utilizada em práticas de recuperação ambiental, como adubo verde, sombreamento de culturas e criação de cercas vivas. Suas propriedades forrageiras e sua alta concentração de proteínas também a tornam uma excelente alternativa para a suplementação alimentar de ruminantes, principalmente para regiões de baixa disponibilidade de pastagens de qualidade e com baixa pluviosidade.

Outro aspecto de grande relevância da *G. sepium* é sua capacidade de resistir a períodos de seca, o que a torna uma planta interessante para regiões com baixa disponibilidade hídrica. Além disso, sua habilidade de fixação de nitrogênio faz da *G. sepium* uma ótima opção para práticas de agricultura sustentável, promovendo a recuperação de solos degradados.

Devido ao alto potencial de uso da *G. sepium* na agricultura sustentável, é necessário o desenvolvimento de variedades mais produtivas para atender à demanda agrícola. Estudos genéticos contribuem para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas a diferentes condições de solo e clima, além de auxiliar a identificação da variabilidade entre os indivíduos. Além disso, a análise da diversidade genética é essencial para identificar características como a resistência da espécie a pragas e doenças, permitindo um cultivo mais eficiente e resistente.

Métodos moleculares, como o uso de marcadores genéticos, são ferramentas eficazes para a análise da diversidade genética da *G. sepium*. Técnicas como ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) permitem mapear a variabilidade genética, fornecendo dados que podem ser utilizados na criação de programas de melhoramento da espécie. Em espécies propagadas frequentemente por estaquia, como a *G. sepium*, a avaliação da diversidade genética é uma estratégia importante, pois esta pode ser limitada devido ao modo de propagação.

Desse modo, a *G. sepium* é uma importante espécie para a agricultura sustentável, oferecendo benefícios tanto para a melhoria da qualidade do solo quanto para o fornecimento de forragem e recuperação ambiental. O estudo de sua diversidade genética é essencial para aumentar seu potencial em diferentes condições agrícolas, contribuindo para uma agricultura mais capacitada a se adaptar a mudanças climáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura sustentável com uso de leguminosas

As leguminosas representam uma alternativa efetiva para práticas agrícolas sustentáveis, destacando-se pela sua capacidade de melhorar a fertilidade do solo (Kebede e Bekeko, 2020) e aumentar o rendimento das culturas por meio da fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Figueiredo *et al.*, 2023). O cultivo de leguminosas em consórcio com cereais, por exemplo, aumenta a fixação e aquisição de N do solo, melhorando a sustentabilidade da agricultura (Rodríguez *et al.*, 2020). Além disso, a inclusão de leguminosas em rotação de culturas não apenas melhora a fertilidade do solo, mas também quebra os ciclos de pragas e melhora a atividade microbiana do solo (Kebede, 2021).

Pesquisas indicam que pacotes agroecológicos que incorporam leguminosas promovem melhorias no solo e no desenvolvimento das plantas em comparação com práticas agrícolas convencionais. Por exemplo, o cultivo intercalando *Mucuna pruriens* e outras leguminosas resultou em aumentos significativos na matéria orgânica do solo, na concentração de nutrientes e nos rendimentos das culturas. Exemplos de práticas agroecológicas demonstraram ganhos significativos na produtividade de culturas como feijões, milho e bananas (Ntamwira *et al.*, 2023). As leguminosas demonstraram, ainda, alta eficácia na recuperação de solos degradados pela salinidade, destacando-se como uma alternativa versátil para a revitalização de diferentes tipos de áreas degradadas (Abiala *et al.*, 2018).

Os sistemas de plantio direto que utilizam leguminosas como culturas de cobertura contribuem significativamente para a redução da erosão e da degradação do solo, favorecendo a sustentabilidade do uso da terra e assegurando a produtividade agrícola a longo prazo. Essa contribuição ocorre por meio do aumento do teor de matéria orgânica do solo, da biomassa microbiana e da atividade enzimática, resultando em melhorias na saúde do solo (Nunes *et al.*, 2018).

O manejo integrado, por meio do consórcio com leguminosas, também é importante. Nas terras altas de Sud-Kivu, na República Democrática do Congo, essas práticas de manejo promoveram aumentos na produtividade e geraram benefícios econômicos para os pequenos agricultores locais (Pypers *et al.*, 2011).

2.2 A importância das leguminosas na agricultura brasileira

As leguminosas, integrantes da família Fabaceae, apresentam grande diversidade no Brasil, com uma notável variabilidade de espécies adaptadas a diferentes condições ecológicas. Estas podem ser classificadas em herbáceas e lenhosas, sendo que seu manejo e estabelecimento variam conforme os objetivos específicos de sua utilização (Pereira *et al.*, 2012). A produtividade dos cafeeiros aumentou com a integração das leguminosas *Flemingia congesta* e *Mucuna aterrima*, evidenciando a importância dessas plantas como recurso na agricultura familiar (Bergo *et al.*, 2006). Dessa forma, as leguminosas servem para o fortalecimento de pequenos e médios produtores, ajudando a melhorar a saúde do solo e a produtividade geral.

Espécies como o feijão-caupi são eficazes no aumento da produtividade de áreas de cultivo e na saúde dos solos (Kebede e Bekeko, 2020). Em diversos países, as folhas, vagens frescas e grãos do feijão-caupi são bastante consumidos pela população. Além disso, essa cultura possui uma aplicação multifuncional, sendo utilizada como ração, forragem, feno e silagem para o gado. Também é valorizada por suas aplicações na agricultura sustentável, atuando como adubo verde e cobertura vegetal, contribuindo para a melhoria da fertilidade e produtividade dos solos (Alemu *et al.*, 2016).

Além disso, a introdução de leguminosas em pastagens brasileiras vem ganhando espaço como uma técnica de intensificação sustentável. De acordo com Karin e Savill (1991),

sistemas que integram consórcios entre leguminosas arbóreas e gramíneas forrageiras têm demonstrado uma maior eficiência no uso da terra, favorecendo tanto a produtividade quanto a sustentabilidade agrícola. Esse tipo de sistema integrado pode melhorar a rentabilidade e a sustentabilidade das propriedades rurais brasileiras.

Com a crescente demanda por produtos agrícolas sustentáveis e com baixo impacto ambiental, as leguminosas têm se destacado por sua capacidade de adaptação e versatilidade (Chaves *et al.*, 2022; Bergo *et al.*, 2006; Benevides *et al.*, 2019). As políticas públicas brasileiras voltadas para a agricultura sustentável, como o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), vêm incentivando o uso de leguminosas em sistemas produtivos (Freitas *et al.*, 2022). Esse incentivo visa promover a adoção de práticas agrícolas que mitiguem as emissões de carbono, com benefícios significativos para o solo e a biodiversidade local (Gheller *et al.*, 2019).

A ciência tem demonstrado que a adoção de leguminosas é capaz de transformar a sustentabilidade na agricultura brasileira, promovendo práticas que beneficiam tanto o meio ambiente quanto os agricultores que buscam alternativas aos sistemas convencionais. Portanto, a adoção das práticas usadas com leguminosas para se ter maior disponibilidade de N no solo pode promover uma economia substancial no uso de fertilizantes nitrogenados, contribuindo para maior sustentabilidade e equilíbrio dos agroecossistemas (Cantarutti *et al.*, 1996).

2.3 Contribuições e potenciais da gliricídia

Gliricidia sepium (Jacq.) Walp é uma leguminosa arbórea de médio porte, nativa da América Central, mas também encontrada naturalmente em regiões como Santa Rosa e Veracruz, no México. Pertencente à família Fabaceae, a mais representativa no reino vegetal, essa espécie é amplamente valorizada por sua relevante fonte de proteína vegetal (Grygier *et al.*, 2022).

O termo latino *G. sepium* significa "matador de ratos", referência ao uso tradicional das sementes e cascas tóxicas dessa planta como raticidas. A toxicidade está associada à presença de canavanina (ácido 2-amino-4-guanidinoxi-butírico), um aminoácido não proteico termoestável, que foi identificado como o principal composto tóxico. Estudos relatam que a ingestão de sementes e cascas contendo canavanina por ratos resultou em mortalidade dentro de uma semana de alimentação contínua (Tariq *et al.*, 2016).

Além da canavanina, outros compostos foram identificados, como mostra Lim (2014), que verificou diversos compostos fitoquímicos significativos em diferentes partes de *G. sepium*, incluindo folhas, flores, frutos, caules, sementes e raízes. Entre esses compostos, destacam-se saponinas, flavonoides e óleos voláteis. Esses metabólitos secundários são responsáveis por uma ampla gama de atividades biológicas, como ações citotóxicas, antimicrobianas, antibacterianas, anti-inflamatórias, antioxidantes e trombolíticas. Além disso, estudos demonstraram que a espécie possui propriedades anti-falciformes, cicatrizantes, larvicidas e anti-helmínticas, ressaltando sua relevância, especialmente no campo da medicina.

Instituições de pesquisa, como a Embrapa, têm demonstrado o potencial da *G. sepium* em sistemas agrossilvipastoris (Rangel *et al.*, 2010), onde a espécie auxilia na regeneração do solo (Rangel *et al.*, 2001) e serve para pastejo direto aos animais quando em consórcio, favorecendo a biodiversidade do sistema (Rangel *et al.*, 2010).

Além de seu uso como adubo verde (Freitas *et al.*, 2020), a *G. sepium* tem ganhado destaque por sua alta produção de biomassa e valor nutritivo como forragem (Silva *et al.*, 2022). Estudos apontam que ela pode aumentar o teor de proteína bruta, reduzir o metano e manter o pH adequado para a fermentação da silagem de milho, com adição de folhas e galhos finos cortados de *G. sepium* (Vieira *et al.*, 2023).

Considerando esses múltiplos usos, a *G. sepium* é uma alternativa sustentável e economicamente viável, destacando-se no contexto da agricultura brasileira. Sua adoção em

diferentes contextos agrícolas pode oferecer benefícios tanto ecológicos quanto econômicos, mostrando seu potencial no setor agrícola.

2.4 Ocorrência da gliricídia no Brasil e em Sergipe

A espécie encontra-se distribuída em todas as regiões geográficas do Brasil. No Norte, a *G. sepium* é relatada nos estados do Amazonas e Pará; no Nordeste ocorre na Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe; no Centro-Oeste ocorre no Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso; no Sudeste nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo; e no Sul no estado do Paraná (Queiroz, 2024) (Figura 1).

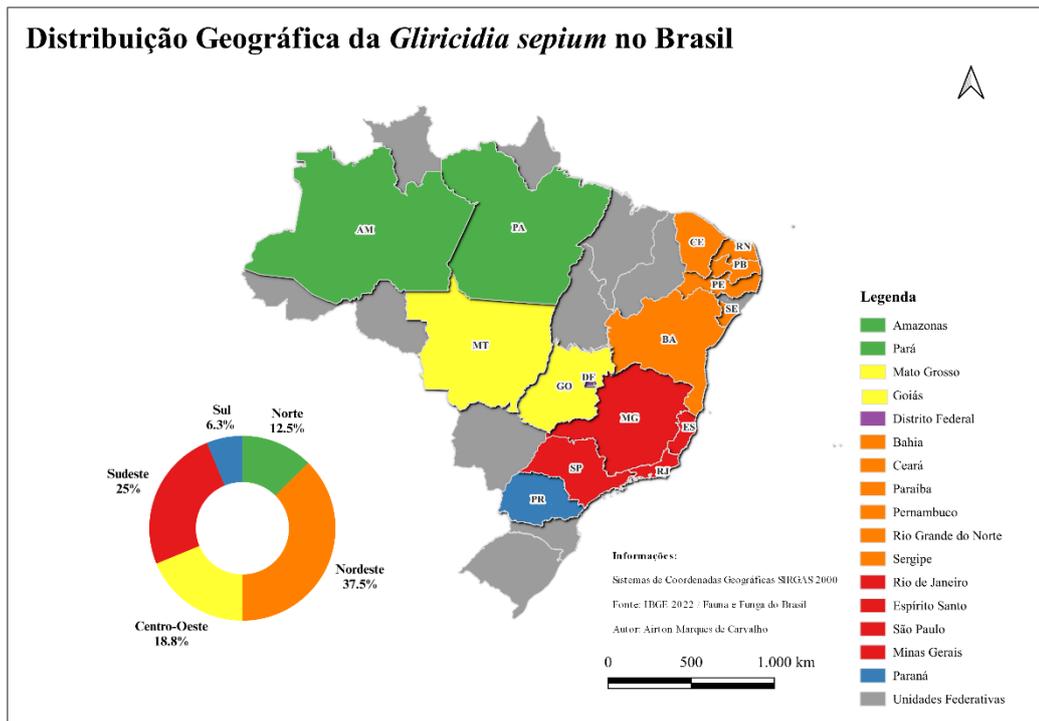


Figura 1. Distribuição geográfica da *G. sepium*. Fonte: Queiroz (2024).

A ampla distribuição geográfica da *G. sepium* em diferentes biomas - Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal - pode ser atribuída à sua grande capacidade de adaptação em diferentes condições edafoclimáticas (Figura 2).

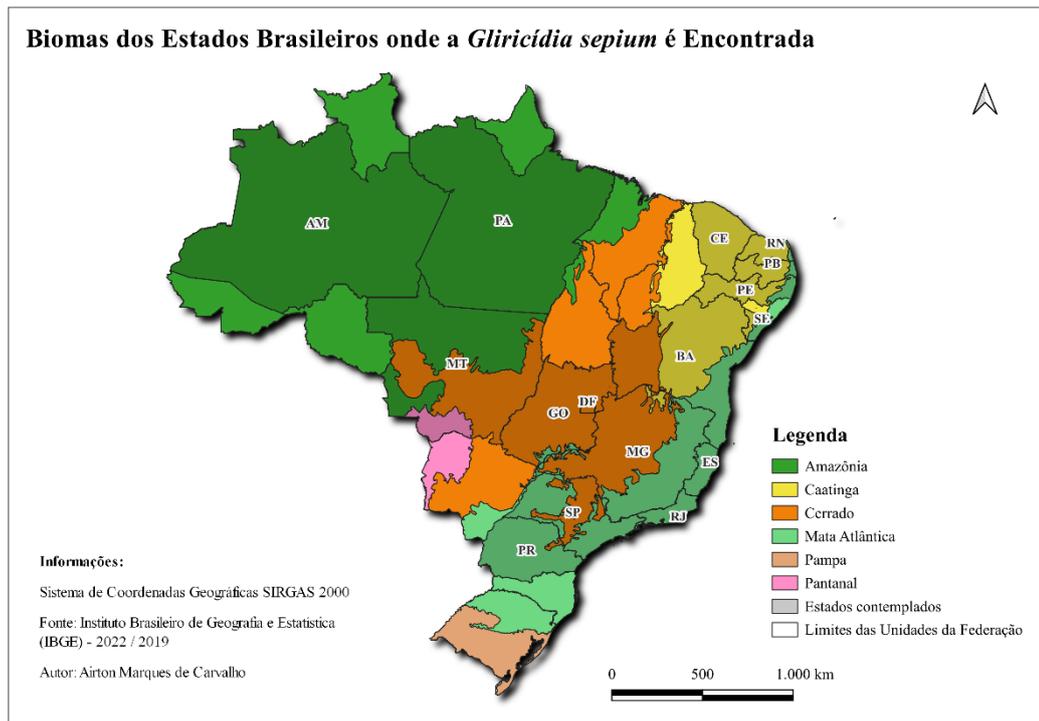


Figura 2. Biomias dos estados do Brasil onde há ocorrência da espécie *G. sepium*.

Na Amazônia, a *G. sepium* se beneficia da alta disponibilidade de nutrientes (Fajardo *et al.*, 2009) e da umidade abundante (Both *et al.*, 2024), enquanto no Cerrado, sua resistência à seca e capacidade de fixação de nitrogênio tornam-na uma espécie efetiva em solos frequentemente pobres (Vieira *et al.*, 2014). Na Caatinga, sua tolerância à seca e ao calor intenso é essencial para sua sobrevivência em um ambiente semiárido (Araújo Filho *et al.*, 2007).

Considerando essa ampla adaptação a diferentes biomas, o Banco Ativo de Germoplasma, BAG Gliricídia, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, inclui acessos de três regiões geográficas do Brasil: Norte, Nordeste e Sudeste. Foi observada a inclusão de acessos de Rondônia, o que sugere que a distribuição da *G. sepium* no Brasil é ainda mais ampla do que o inicialmente registrado. Essa diversidade regional no BAG Gliricídia é essencial para avaliar a adaptação e a variabilidade genética da espécie, contribuindo para um melhor entendimento de sua resiliência e potencial de uso na agricultura.

No estado de Sergipe, além dos municípios de Frei Paulo, Itaporanga, N. S. das Dores, N. S. da Glória e Umbaúba, onde amostras foram coletadas para composição do BAG Gliricídia, a espécie também é encontrada em Salgado, Pacatuba, Tobias Barreto e Simão Dias, conforme registros da Embrapa Tabuleiros Costeiros (Santos *et al.*, 2014). A sua ocorrência também foi relatada em Porto da Folha, em comunicação do governo do estado de Sergipe. Em Boquim e Riachão do Dantas, a EMDAGRO (2016) também registrou a ocorrência em locais utilizados para pesquisas com a espécie (Figura 3).

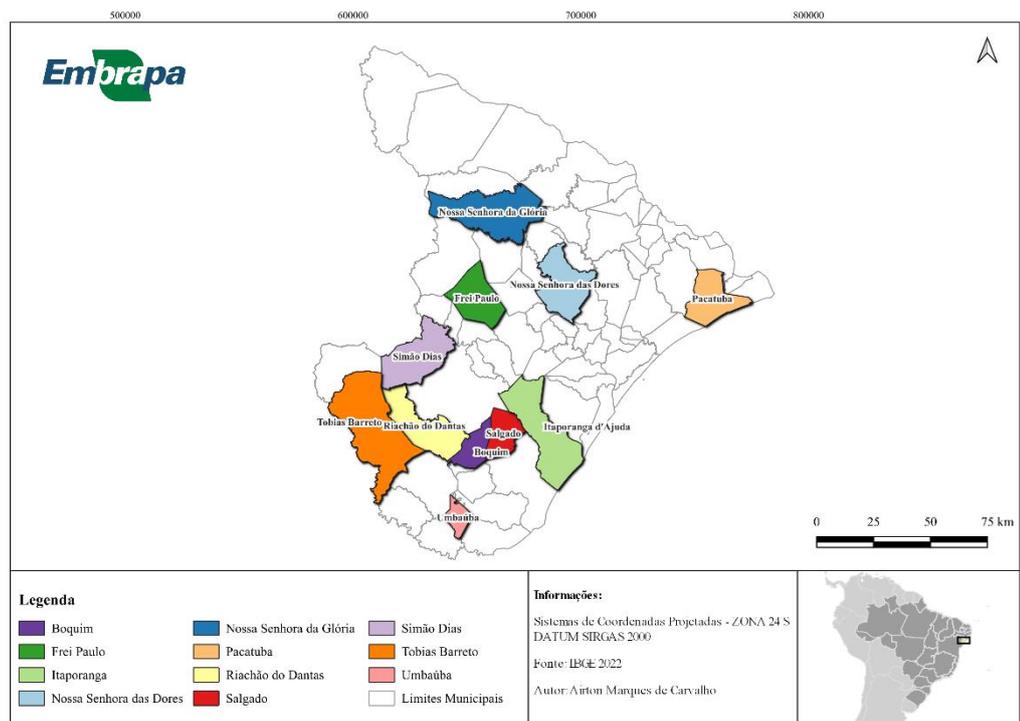


Figura 3. Municípios do estado de Sergipe onde houve registro da ocorrência da espécie *G. sepium*.

Dos 75 municípios de Sergipe, 11 já têm registros da presença de *G. sepium*, o que representa aproximadamente 15% do território estadual. No entanto, é provável que a planta esteja presente em mais localidades, embora esses dados não tenham sido documentados em fontes oficiais. A alta capacidade adaptativa da *G. sepium* a diferentes climas, tipos de solo e variações de temperatura a torna uma excelente opção para pequenos agricultores do estado. Sua resistência e versatilidade permitem que ela se desenvolva com sucesso em diversas condições ambientais, desde solos mais pobres até regiões com variações significativas de temperatura e precipitação. Essa adaptabilidade reforça a importância de ampliar os registros de ocorrência da espécie, já que sua presença pode trazer benefícios econômicos e ecológicos para um número ainda maior de municípios sergipanos.

Pesquisas têm sido realizadas e recomendam a espécie para a produção de forragem de baixo custo e alto valor nutricional, aumentando a produção de leite, a engorda de cordeiros e a produtividade de grãos e raízes (Andrade *et al.*, 2015). Além disso, pode ser utilizada fornecendo sombra para outras culturas, como o café (Ricci *et al.*, 2013), o que é benéfico durante os períodos mais quentes. Os pequenos agricultores podem, então, aproveitar essas vantagens para enfrentar as variações climáticas e reduzir os custos operacionais com insumos agrícolas.

Dessa forma, a *G. sepium* se mostra como uma solução eficiente e sustentável para os pequenos agricultores no Brasil, promovendo tanto a produtividade quanto a sustentabilidade ambiental.

2.5 Reprodução da espécie

Em relação à reprodução, Borges (2006) explica que plantas da família Fabaceae possuem flores elaboradas que dependem de sistemas de polinização específicos. De acordo com Simons e Dunsdon (1992), a *G. sepium* é uma planta xenogâmica, ou seja, necessita que o pólen de uma flor fertilize o óvulo de uma flor em uma planta diferente. A presença de várias flores abertas por dia em uma inflorescência é uma característica comum na família Fabaceae, o que favorece a espécie ao aumentar sua atratividade para os polinizadores, devido

à maior oferta de néctar disponível (Franco *et al.*, 1995), como foi possível verificar na *G. sepium* (Figura 4).



Figura 4. Inflorescência de *G. sepium* no BAG Gliricidia.

As flores da *G. sepium* têm uma corola papilionácea (Borges, 2006), com pétalas lilases e um estandarte central em tom creme que guia o néctar, organizando-se em inflorescências terminais do tipo cacho ou racemo (Drumond e Carvalho Filho, 2006). Conforme relatado por Kill e Drumond (2001), para obter o néctar, os visitantes precisam pressionar as pétalas, expondo os órgãos reprodutivos.

A floração e frutificação da *G. sepium* na região semiárida ocorrem de agosto a novembro, quando as plantas estão com poucas folhas. Os frutos são vagens achatadas, geralmente verdes pálidas, às vezes com tonalidades arroxeadas devido à exposição solar. Essas características morfológicas estão diretamente ligadas à dependência de agentes polinizadores para a reprodução da *G. sepium*. Aken'ova e Sumberg (1986) observaram que a autopolinização espontânea não ocorre na *G. sepium*, sendo indispensáveis os agentes polinizadores.

Segundo Kill e Drumond (2001), as abelhas *Eulaema nigrita* são essenciais na polinização das flores de diferentes espécies de angiospermas, especialmente nas regiões da Caatinga e Mata Atlântica (Bezerra e Machado, 2003). Ao pousarem sobre as alas das flores, as abelhas provocam um deslocamento das pétalas que resulta na liberação dos órgãos reprodutivos da carena, permitindo o contato com o corpo da abelha e, conseqüentemente, a polinização. Dessa forma, as abelhas *E. nigrita* atuam como polinizadores ocasionais, mas importantes para o sucesso reprodutivo da espécie.

Carvalho *et al.* (2009) verificaram 63 indivíduos de insetos coletados visitando as flores de *G. sepium*, abrangendo três famílias, cinco tribos, oito gêneros e dez espécies. A família Apidae apresentou a maior riqueza de espécies, com destaque para a subtribo Meliponina, responsável por 50,79% dos indivíduos. Entre os gêneros, *Xylocopa* teve a maior diversidade, enquanto *Apis mellifera* foi a espécie mais abundante, com uma frequência relativa de 25,40%, seguida por *Trigona spinipes* (23,81%) e *Nannotrigona testaceicornis* (14,28%).

A conexão entre as interações polinizador-planta permite aos pesquisadores adquirir informações que ajudam a direcionar a conservação da biodiversidade e as práticas de restauração (Ballarin *et al.*, 2023) e a diversidade genética é fundamental para o desenvolvimento de cultivares que possam enfrentar desafios globais, como a segurança alimentar e a adaptação às mudanças climáticas (Swarup *et al.*, 2021). Além disso, a diversidade genética dos germoplasmas é crucial para a identificação e transferência de genes importantes para o melhoramento de culturas (Nazari *et al.*, 2014).

O método de propagação por estaquia pode influenciar a diversidade genética desta espécie, fazendo com que não haja cruzamento entre plantas e tornando-as menos diversas com o tempo. Assim, as plantas ficam mais suscetíveis aos ataques de pragas e doenças, podendo influenciar diretamente na sobrevivência da espécie.

2.6 Estudos genéticos como base para o melhoramento de espécies agrícolas

De acordo com Allard (1971), o melhoramento genético é definido como a evolução dirigida de plantas e animais pelos seres humanos, com o propósito de desenvolver produtos superiores que apresentem características de relevância econômica. O melhoramento genético vegetal é uma arte e ciência feita para aperfeiçoar o padrão genético das plantas, com o objetivo de otimizar sua utilidade econômica. Essa área concentra-se no desenvolvimento e na seleção de plantas com maior potencial produtivo, adaptadas a novas áreas agrícolas ou resistentes a condições adversas, como estresses hídricos e salinos. Além disso, busca criar variedades resistentes a pragas e doenças, bem como reduzir constituintes tóxicos, atendendo a múltiplas demandas agrícolas e ambientais (Fritsche-Neto e Borém, 2011).

Para maximizar o aproveitamento dos recursos genéticos disponíveis, é essencial realizar uma caracterização detalhada, tanto morfológica quanto agrônômica, da espécie de interesse (Carvalho *et al.*, 2016). Pinto (2009) afirma que o melhoramento de plantas está associado à indústria de sementes, uma vez que a comercialização de sementes de cultivares é importante para a manutenção e a sustentabilidade dos programas de melhoramento genético.

O uso de marcadores moleculares em estudos com plantas tem crescido significativamente, pois permite identificar com precisão o polimorfismo entre genótipos. Marcadores moleculares baseados no DNA oferecem a vantagem de revelar essas diferenças genéticas de forma independente das influências ambientais, o que não é possível com marcadores morfológicos (Ramalho *et al.*, 2012). Em estudos com leguminosas, a aplicação de marcadores moleculares tem permitido uma compreensão mais detalhada das relações genéticas entre acessos, ajudando no maior entendimento das espécies estudadas (Quenum *et al.*, 2024; Yildirim *et al.*, 2024).

A avaliação da diversidade genética é um elemento fundamental para a implementação de programas eficazes de conservação e melhoramento genético de espécies. No caso da *G. sepium*, ainda há uma quantidade limitada de estudos disponíveis na literatura, trazendo a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto.

Com esses dados, espera-se promover o desenvolvimento de variedades adaptadas e mais eficientes, oferecendo subsídios para práticas agrícolas mais sustentáveis e economicamente viáveis, essenciais para o futuro da agricultura no Brasil.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIALA, M.; ABDELRAHMAN, M.; BURRITT, D.; TRAN, L. Salt stress tolerance mechanisms and potential applications of legumes for sustainable reclamation of salt-degraded soils. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 10, p. 3812-3822, 2018. <https://doi.org/10.1002/ldr.3095>.
- AKEN'OVA, M. E.; SUMBERG, J. E. Observations of the pollination systems of *Gliricidia sepium*. **Nitrogen Fixing Tree: Research Report**, v. 4, p. 29-30, 1986.
- ALEMU, M.; ASFAW, Z.; WOLDU, Z.; FENTA, B. A.; MEDVECKY, B. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Fabaceae) landrace diversity in northern Ethiopia. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 8, n. 11, p. 297-309, 2016.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Edgard Blucher, p. 1-381, 1971.
- ANDRADE, B. M. S.; SOUZA, S. F.; SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S. S.; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em sistemas agropecuários sustentáveis. **Scientia plena**, v. 11, n. 4, 2015.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUZA, F. B.; SILVA, N. L.; BEZERRA, T. S. Avaliação de leguminosas arbóreas para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Irauçuba-CE. **Resumos do V Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Guarapari, v. 2, n. 2, 2007.
- BALLARIN, C.S.; MORES, G.J.; GOÉS, G.A.; FIDELIS, A.; CORNELISSEN, T. Tendências e lacunas no estudo do efeito do fogo nas interações planta-animal em ecossistemas brasileiros. **Austral Ecology**, v. 49, n. 1, e.13446, 2023.
- BERGO, C. L.; PACHECO, E.P.; MENDONÇA, H.A.; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 19-24, 2006.
- BENEVIDES, C. M. D. J. et al. Aspectos tecnológicos do subproduto de panc (farinhas de *cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*): fortalecimento da agricultura familiar. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 23221-23233, 2019.
- BEZERRA, E. L. D. S.; MACHADO, I. C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 247-257, 2003.
- BORGES, H. B. N. Biologia reprodutiva de *Centrosema pubescens* Benth. (Fabaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 1, n. 1, p. 31-38, 2006.
- CANTARUTTI, R. B. **Dinâmica de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela no sul da Bahia**. 1996. 83p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1996.
- CARVALHO, C. A. L. D.; OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, M. M.; SANTANNA, Y. P.; MACHADO, C. S. Abelhas (*Hymenoptera: apoidea*) visitantes das flores de gliricídia no Recôncavo Baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 606-610, 2009.

CARVALHO, M.; CASTRO, I.; MATOS, M.; NETO, T.L.; SILVA, V.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Caracterização agro-morfológica de acessos de feijão-frade (*Vigna unguiculata*): bases para o melhoramento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 506-517, 2016.

CHAVES, J. D. S.; SILVA, L.S.; MATOS, S.M.; PEREIRA, H.R.; SILVA, A.F.; ALVES, R.N.; OLIVEIRA, C.P. Produção de biomassa vegetal de *Gliricídia sepium* em sistema consorciado com fruteiras. **Conjecturas**, v. 22, n. 16, p. 287–298, 2022.

DRUMOND, M.A.; CARVALHO FILHO, O.M. Introdução e avaliação de *Gliricidiasepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. In: QUEIRÓZ, M.A. de, GOEDERT, C.O., RAMOS, S.R.R., (ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 1 - 8, 1999.

FAJARDO, J. D. V.; SOUZA, L. A. G. D.; ALFAIA, S. S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 731–740, 2009.

FIGUEIREDO, C. C. D.; MOREIRA, T.N.; COSER, T.R.; SILVA, L.P.; LEITE, G.G.; CARVALHO, A.M.; MALAQUIAS, J.V.; MARCHÃO, R.L.; URQUIAGA, S. Nitrogen Use efficiency in an agrisilviculture system with *Gliricidia sepium* in the Cerrado Region. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1647, 2023.

FRANCO, A. L. M. **Ecologia da polinização e biologia reprodutiva de sete espécies de Phaseoleae (Fabaceae)**. 1995. 135p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1995.

FREITAS, B. B. D.; PAULETTO, D.; SOUSA, I. R. L. D. Crescimento inicial e biomassa de espécies utilizadas como adubação verde em sistema de aleias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 1, p. 20–27, 2020.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011.

GHELLER, D. G.; GAZOLLA, M.; MARINI, M. J. Políticas públicas de mitigação da emissão de gases de efeito estufa na agricultura: uma análise do programa ABC. **Informe GEPEC**, v. 23, n. 1, p. 93–111, 2019.

GRYGIER, A.; CHAKRADHARI, S.; RATUSZ, K.; RUDZINSKA, M.; PATEL, K.S.; LAZDIN, D.; GORNAS, P. Seven underutilized species of the Fabaceae family with high potential for industrial application as alternative sources of oil and lipophilic bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 186, p. 115251, 2022.

KARIN, A.B.; SAVILL, P.S. Effect of spacing on growth and biomass production of *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp in an alley cropping system in Sierra Leone. **Agroforestry Systems**, v. 16, p. 213-222, 1991.

KEBEDE, E.; BEKEKO, Z. Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1-21, 2020. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1769805>

KEBEDE, E. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 767998, 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.767998>.

KILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae- Papilionoidae) na região de Petrolina, Pernambuco. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 597–601, 2001.

LIM, T.K. Edible Medicinal And NonMedicinal Plants, **Springer Netherlands**, Dordrecht, 2014. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7395-0>

NAZARI M.; ABDOLSHAHI R. Avaliação da diversidade genética em cultivares de trigo para pão (*Triticum aestivum* L.) usando características morfofisiológicas e marcadores SSR. **Agric Biotechnol J**, v. 6, p. 215–231, 2014.

NTAMWIRA, J.; OCIMATI, W.; BLOMME, G.; LUBOBO, A.; PYAME, D.; DJAILO, B. Innovative agroecological practices can restore degraded farmlands and revive crop yields. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, n. 1017341, p. 1-16, 2023. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1017341>.

NUNES, M.; ES, H.; SCHINDELBECK, R.; RISTOW, A.; RYAN, M. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. **Geoderma**, v. 328, p. 30-43, 2018. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2018.04.031>.

PEREIRA, O. G.; DA SILVA, T. C.; RIBEIRO, K. G. **Tropical legume silages**. In: PEREIRA, O. G.; FONSECA, D. M.; RIBEIRO, K. G.; CHIZZOTTI, F. H. M. (Ed.). Anais do VI Simpósio sobre manejo estratégico de pastagem, p. 269-284, 2012.

PINTO, R.J.B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: UEM, 2009. 351p.

PYPERS, P.; SANGINGA, J.; KASEREKA, B.; WALANGULULU, M.; VANLAUWE, B. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava–legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. **Field Crops Research**, v. 120, n. 1, p. 76-85, 2011. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2010.09.004>.

QUEIROZ, R.T. **Gliricidia**. In: Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB120375>. Acesso em: 15 jul. 2024.

QUENUM, A.J.C.; PASQUET, R.S.; BODIAN, A.; FONCEKA, D.; DJIBOUNE, Y. R.; CISSE, N.; MBAYE, M. S.; DIOUF, D. Molecular characterization of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] subspecies with SSR markers. **Genetic Resources Crop Evolution**, v. 71, n. 5, p. 1785–1793, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01738-x>

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.; SOUZA, E.A.; GONÇALVES, F.M.A.; SOUZA, J.C. **Genética na Agropecuária**. 5ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 566p.

RANGEL, J. H. A.; CARVALHO FILHO, O. M.; ALMEIDA, S. A. **Experiências com o uso da *Gliricidia sepium* na alimentação animal no semi-árido do Nordeste brasileiro**. Embrapa Semiárido, 2001. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/134520>.

RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; SÁ, J. L.; SÁ, C. O. **Implantação e manejo de Sistema Integração Lavoura/Pecuária/Floresta com *Gliricidia sepium***. Circular Técnica - Embrapa, n. 60, p. 1-7, 2010.

RICCI, M.S.F.; JUNIOR, D.G.C.; ALMEIDA, F. F. D. Microweather conditions, phenology and external morphology of coffee trees in shaded and full sun systems. **Coffe Science**, v. 8, n. 8, p. 379-388, 2013.

RODRIGUEZ, C.; CARLSSON, G.; ENGLUND, J.; FLÖHR, A.; PELZER, E.; JEUFFROY, M.; MAKOWSKI, D.; JENSEN, E. Grain legume-cereal intercropping enhances the use of soil-derived and biologically fixed nitrogen in temperate agroecosystems. A meta-analysis. **European Journal of Agronomy**, v. 118, p. 126077, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126077>.

SANTOS, C. M. C.; DE SOUZA, S. F; ANDRADE, B.M.S. Impacto da *Gliricidia Sepium* na Caracterização Química do Solo em Sistemas Agroflorestais no Estado de Sergipe. In: **IV Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros da Embrapa Tabuleiros Costeiros**. 2014, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e da Pesca. Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. **Relatório anual de atividades**. 2015. Aracaju: EMDAGRO. Disponível em: <https://emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/RELATORIO-ANUAL-DE-ATIVIDADES-DA-EMDAGRO-2015.pdf>

SILVA, H.W.; FILHO, C.V.S.; SANTOS, A.T.; BERTONCELLO, A.G.; GODINHO, A.M.M. Produtividade e valor nutritivo em diferentes intervalos entre cortes da gliricídia. **Faculdade de Tecnologia de São Paulo, SP.**, v. 11, n. 1, p. 2, 2022.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25327>

SIMONS, A.J.; DUNSDON, A.J. **Evaluation of the potential for genet-ic improvement of *Gliricidia sepium***. Final Report on ODA Forestry Research Project R4525, p. 176, 1992.

SWARUP, S.; CARGILL, E.J.; CROSBY, K.; FLAGEL, L.; KNISKERN, J.; GLENN, K.C. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 839–852, 2021.

VIEIRA, E. R. D. Q.; FERREIRA, S. R.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, D. A.; FERREIRA, A. C. H.; FILHO, J. H. O.; SOUSA, M. S.; ALMEIDA, S. S. Parâmetro fermentativo e valor nutritivo da silagem de milho com inclusão de gliricídia (*Gliricídia sepium*) e inoculante. **Peer Review**, v. 5, n. 26, p. 150–164, 2023.

VIEIRA, L.; SILVA, F. B.; SILVA, P. H. N.; SILVA, A. C.; RAPACHI, A.; PEREIRA, V. S. Implantação de cercas ecológicas de *Gliricidia sepium* no campus Planaltina do Instituto Federal de Brasília pelo núcleo de estudo em agroecologia e agricultura familiar (NEA/ IFB). **Resumos do IV Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno**, Brasília, v. 9, n. 3, 2014.

TARIQ, S. A.; PERVEZ, A.; ZAFAR, H. Evaluation of bioefficacy of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. Against rice field rat, bandicota bengalensis gray & hardwicke. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 399-406, 2016.

YILDIRIM, B.; ACAR, P.; GENC, H.; MAVI-IDMAN, D. O. Molecular characterizations and taxonomic contributions in some taxa from *Lathyrus sect. Platystylis* (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, v. 167, p. 385-390, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.021>.

4. ARTIGO 1

POTENCIAL AGRÍCOLA E BIOTECNOLÓGICO DE *Gliricidia sepium*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

A revisão sistemática sobre gliricídia (*Gliricidia sepium* - Fabaceae) teve como objetivo avaliar suas aplicações agrícolas e biotecnológicas. A espécie se destaca por suas capacidades, que incluem fixação biológica de nitrogênio, adubação verde, forragem e silagem, contribuindo para a recuperação de solos degradados, redução da erosão e melhoria da fertilidade do solo. Estudos também evidenciam seu uso em sistemas agroflorestais, aumentando a produtividade de culturas como milho e arroz, além de contribuir para a redução de emissões de metano em ruminantes em regiões semiáridas. Na biotecnologia, a *G. sepium* apresenta promissor potencial como biopesticida e fonte de compostos bioativos com propriedades antimicrobianas, antioxidantes e antivirais, incluindo atividade contra SARS-CoV-2. Além disso, as sementes de *G. sepium* possuem alto teor de ácidos graxos insaturados, oferecendo aplicações industriais e alimentares. Foram utilizadas palavras-chave em inglês e português, como composição bromatológica, composição química, forragem, recursos genéticos, *G. sepium*, e produção, para a busca dos estudos científicos. Os estudos selecionados foram exportados em formato BibTeX das plataformas Scopus e Web of Science. Em seguida, duplicatas foram removidas no software R, utilizando o pacote Bibliometrix. Após essa etapa, os estudos foram analisados para proporcionar uma visão geral do uso de *G. sepium* no mundo. A espécie apresenta um potencial significativo na promoção de práticas agrícolas sustentáveis e na redução de impactos ambientais, destacando-se como uma alternativa economicamente viável para sistemas produtivos diversificados. Os resultados da análise trazem maior ênfase no papel da *G. sepium* como recurso em práticas agrícolas sustentáveis e na promoção de ganhos econômicos e ecológicos. Estudos futuros devem focar na ampliação de sua base genética e na divulgação de seu potencial, tornando a espécie como uma ferramenta eficiente para sistemas produtivos diversificados.

Palavras-chave: Composição bromatológica, composição química, forragem, recursos genéticos, produção.

4.1. Introdução

A *G. sepium* é uma árvore leguminosa de porte médio, nativa da América Central, com ampla distribuição natural em regiões como Santa Rosa e Veracruz, no México (Grygier *et al.*, 2022), onde demonstra adaptação a condições climáticas de seca (Grygier *et al.*, 2022; Sá *et al.*, 2024). Pertence à família Fabaceae (Chadhokar, 1982), uma das maiores e mais diversas famílias de plantas vasculares. É valorizada por seus múltiplos usos, tanto comerciais quanto medicinais (Kuete *et al.*, 2013).

Em relatos das Filipinas, no século XVII, e do Sri Lanka, no século XIX, foi descrita como uma árvore usada para fornecer sombra às plantações de chá. Em 1996, suas sementes foram transportadas do Sri Lanka ao Paquistão, com o objetivo de fornecer adubo verde para coqueiros e sombra para plantas de folhas de besouro no Centro de Pesquisa de Plantas da Estação de Pesquisa Costeira, em Karachi (Nazli *et al.*, 2011).

É comumente encontrada nos cinturões dos países costeiros da África Ocidental, sendo utilizada em sombreamento para culturas de exportação, como cacau e café, e frequentemente observada nas áreas de cultivo de cacau na África Ocidental (Atta-Krah e Sumberg, 1988). É conhecida também como madero negro, mata ratón, madre de cacao, no México e em países da América Central, onde é uma espécie que possui grande interesse comercial econômico por

possuir múltiplas utilidades para as regiões tropicais (Kill e Drumond, 2001). Baggio (1984) complementa essa informação ao afirmar que a *G. sepium* se tornou alvo das atenções de diversos centros de pesquisa tropicais devido à grande quantidade de produtos e serviços que a *G. sepium* oferece, além de sua adaptação a diferentes zonas ecológicas.

No Brasil, foi introduzida em 1985 na região semiárida de Petrolina-PE. Em 1988, foi distribuída para outros municípios como Aracaju (SE), Tianguá (CE) e Parnaíba (PI), com o objetivo de avaliar sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas em centros de pesquisa da Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC), da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) e do Centro Nacional de Pesquisa de Agricultura Irrigada da Embrapa (CNPAA) (Drumond e Filho, 1999).

O potencial de *G. sepium* é amplo, com diversas aplicações em sistemas agroflorestais e de manejo agrícola. Em consórcios agrícolas, como o uso intercalado com milho (*Zea mays*) em áreas secas da África Subsaariana, a espécie é utilizada para melhorar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas em sistema de agrofloresta. Em um estudo, Swamila *et al.* (2021) indicaram que o sistema de consórcio *G. sepium*-milho apresentou maior rentabilidade em termos de Valor Presente Líquido (VPL) e Relação Custo-Benefício (RCB) em comparação ao cultivo de milho sem fertilizantes. Os resultados indicaram que, apesar dos custos iniciais elevados, esse sistema pode aumentar a renda familiar e a segurança alimentar a longo prazo.

Os extratos de folhas de *G. sepium* têm sido utilizados com sucesso como pesticidas naturais. No estudo de Maulion *et al.* (2021), além de resultados positivos contra o pulgão-preto (*Aphis fabae*) em feijões-de-vagem (*Phaseolus vulgaris*), identificou-se a presença de compostos bioativos, como alcaloides, flavonoides, taninos e fenóis. A eficácia do pesticida natural foi comparável à de pesticidas comerciais, tornando-o uma alternativa promissora para o controle de pragas agrícolas.

Destaca-se, ainda, o potencial da espécie na suplementação de dietas para ruminantes. A inclusão de folhas de *G. sepium* em diferentes níveis na alimentação de ruminantes aumentou o teor de proteína bruta, com incremento de até 14,7%, e redução na produção total de gás metano (Adelusi, 2022).

Portanto, considerando o amplo uso de *G. sepium*, uma revisão sistemática da literatura permite reunir e analisar as diversas aplicações e propriedades desta planta de forma estruturada e objetiva, viabilizando uma compreensão mais aprofundada do seu potencial.

A revisão sistemática ou “síntese de pesquisa”, tem como objetivo realizar um estudo abrangente e imparcial de diversos estudos com relevância em um só documento (Aromataris e Pearson, 2014). Essa abordagem sistemática facilita a análise dos estudos que exploram suas aplicações em diferentes áreas, como agricultura, biotecnologia e farmacologia, oferecendo uma visão abrangente dos benefícios e limitações da espécie.

Além disso, a revisão sistemática é uma ferramenta importante para identificar lacunas e apontar áreas que ainda não foram suficientemente exploradas, que podem ser fundamentais para o avanço do conhecimento sobre a espécie. A revisão consolida as descobertas existentes e proporciona a base para o desenvolvimento de novas hipóteses e abordagens metodológicas para estudos futuros, ampliando as possibilidades de aplicação de *G. sepium*. E, no caso de sua utilização em práticas agrícolas e ambientais, a revisão sistemática contribui para a definição de estratégias que maximizem os benefícios econômicos e ecológicos de espécies vegetais, apoiando a adoção em sistemas agrícolas sustentáveis.

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura para avaliar as diversas aplicações de *G. sepium* no contexto agrícola e biotecnológico.

4.2. Material e Métodos

Este estudo foi conduzido por meio da investigação de artigos científicos e patentes acessados em bancos de dados públicos. A pesquisa foi realizada em quatro etapas principais:

Prospecção de dados, processamento das informações coletadas, análise bibliométrica e visualização dos resultados (Figura 1). A análise foi realizada em abril de 2024, utilizando os termos de busca: “Composição bromatológica”, “Bromatological composition”, “Composição química”, “Chemical composition”, “Forragem”, “Forage”, “Recursos genéticos”, “Genetic resources”, “*Gliricidia sepium*”, “Produção”, “Production”, sem restrições temporais, a fim de garantir a abrangência do conjunto de dados analisados.

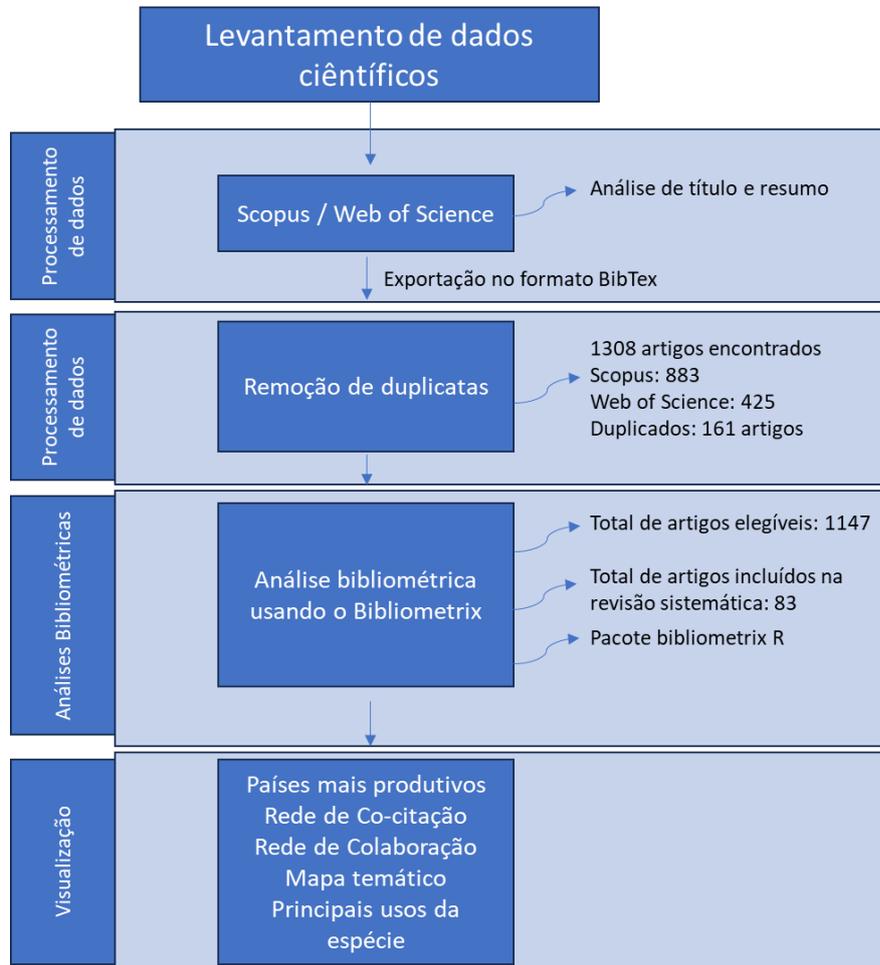


Figura 1. Fluxograma das etapas do estudo científico para *Gliricidia sepium*.

O levantamento das publicações científicas foi obtido através das bases de dados Scopus (<http://www.scopus.com>) e Web of Science (<http://www.webofknowledge.com>), em inglês, espanhol e português. Para a busca, os termos foram escolhidos a partir do título e do resumo dos artigos. Em seguida, os resultados foram revisados para eliminar estudos que não se adequavam ao objetivo da pesquisa. Os estudos selecionados nessa etapa foram exportados com os metadados das publicações científicas para cada termo de busca, no formato BibTex. Após a combinação dos dados em um único conjunto, os arquivos duplicados foram removidos, e a meta-análise foi conduzida utilizando o pacote Bibliometrix (Pereira, 2022) no software R (R Core Team, 2024). As publicações foram selecionadas com base nos critérios pré-estabelecidos (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios de inclusão e exclusão utilizados pelo estudo.

Critérios de inclusão	Descrição
Critério 1	Devem ser trabalhos publicados e disponíveis gratuita e integralmente nas bases de dados científicas Scopus e Web of Science
Critério 2	Artigos em português, inglês ou espanhol
Critério 3	Os trabalhos devem tratar especificamente da <i>G. sepium</i> ou ela deve ter papel fundamental no estudo
Critério 4	Serão apenas selecionados, por meio de filtro, artigos científicos
Critérios de exclusão	Descrição
Critério 1	Publicações duplicadas
Critério 2	Serão desconsiderados trabalhos que não estejam disponíveis nas bases de dados pesquisadas ou que estejam disponíveis apenas mediante acesso pago
Critério 3	A <i>G. sepium</i> foi citada no estudo, mas não tem importância para o mesmo
Critério 4	Serão desconsiderados anais, resumos, revisão, periódicos e outros documentos que não possuam rigor científico

Legenda: CRI = Critérios de inclusão; CRE = Critérios de exclusão

Ressalta-se que artigos que atenderam a todos os critérios de inclusão, porém estavam disponíveis apenas mediante acesso pago, foram incluídos no estudo quando puderam ser acessados gratuitamente por acesso institucional provido pela Embrapa ou pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

4.3. Resultados e discussão

Os resultados apresentados destacam o potencial da *G. sepium* como um recurso multifuncional para as áreas agrícola e biotecnológica. Esta espécie, bastante pesquisada no Brasil e em outros países tropicais, tem demonstrado grande potencial para o aumento de práticas sustentáveis e promoção de ganhos econômicos e ambientais. Desse modo, a análise dos estudos evidencia três áreas principais de aplicação: sistemas agroflorestais, alimentação animal e biotecnologia.



Figura 2. Palavras-chave mais utilizadas em artigos científicos sobre *Gliricidia sepium*.

As palavras-chave mais utilizadas nos estudos foram: *Gliricidia sepium*, Gliricídia, *Leucaena leucocephala*, agroforestry, nitrogen e *zea mays* (Figura 2). É possível observar que as palavras-chave *L. leucocephala* e *Zea mays* se destacaram, pois existem muitos estudos comparando resultados da eficácia da *G. sepium* com a *L. leucocephala* por ser também uma leguminosa com grande potencial. O milho (*Zea mays*) também se destacou, devido aos estudos sobre consórcio milho-*G. sepium*.

Os cinco países que apresentaram maior número de publicações com o uso da *G. sepium* foram: Brasil, Indonésia, México, Nigéria e Estados Unidos. Observou-se que a maioria dos países que se destacaram são regiões onde a espécie foi introduzida, exceto o México, onde a espécie é nativa e utilizada na agricultura (Aguilar *et al.*, 2024) (Figura 3).

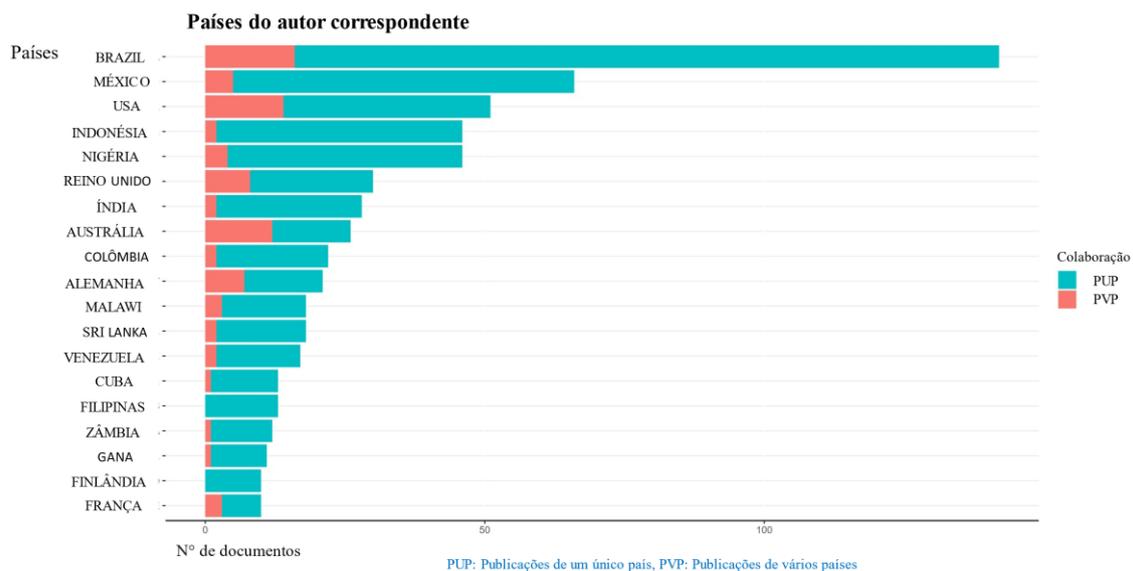


Figura 3. Países com maior número de produção científica sobre *Gliricidia sepium* (SCP: Publicações de um único país / MCP: Publicações de múltiplos países).

Os resultados indicaram que o Brasil foi o país que mais apresentou trabalhos científicos relacionados à *G. sepium*, mesmo não sendo nativa do país. Além disso, o Brasil foi o país com maior número de pesquisas em parceria com outros países. A principal área temática dos estudos realizados no país foi a agricultura. Após a sua introdução no Brasil, a espécie foi utilizada em diversos contextos agroflorestais, sobretudo em regiões semiáridas, como nos estudos que avaliaram o impacto da *G. sepium* na ciclagem e fixação de nitrogênio em sistemas agrossilvícolas (Coelho *et al.*, 2018; Figueiredo *et al.*, 2023; Primo *et al.*, 2014) ou que abordaram a capacidade de adaptação da *G. sepium* ao estresse ambiental (Braga *et al.*, 2022). Além disso, a *G. sepium* tem sido utilizada no Brasil na alimentação animal como feno (Santana *et al.*, 2020) ou silagem (Santana *et al.*, 2019), substituindo parcialmente o farelo de soja (Lemos *et al.*, 2020).

A França e a Finlândia, no entanto, foram os países com menor número de estudos envolvendo *G. sepium*, sendo esses relacionados ao manejo da espécie e fixação biológica de nitrogênio (Nygren *et al.*, 1998), à decomposição de nódulos radiculares ricos em nitrogênio (Nygren *et al.*, 2000), à influência das simbioses micorrízicas arbusculares nas interações entre plantas em sistemas agroflorestais (Jalonen *et al.*, 2013) e ao uso em sistemas agroflorestais (Reyes *et al.*, 2009).

Esses países realizaram estudos em colaboração com regiões tropicais onde *G. sepium* é cultivada, como a ilha de Basse-Terre, no departamento francês de Guadalupe, e o Peru. Essas parcerias com os Estados Unidos (Reyes *et al.*, 2009), Malásia (Jalonen *et al.*, 2013) e Peru (Reyes *et al.*, 2009) são importantes pois promovem a troca de conhecimento sobre a aplicação da *G. sepium* em contextos agrícolas específicos, como manejo de nitrogênio e sistemas agroflorestais, além de trazer avanços científicos em áreas de interesse comum.

Estudos sobre a *G. sepium* têm sido realizados desde 1977, com o maior volume de pesquisas concentrado entre 2019 e 2023, o que reflete um recente interesse pela versatilidade de uso da espécie em várias aplicações agropecuárias (Figura 4). Alguns exemplos dessas pesquisas são os trabalhos sobre produção de silagem (Santana *et al.*, 2019), cobertura morta em plantações de arroz (Yadav *et al.*, 2020), melhoria da qualidade do solo (Raveendra *et al.*, 2021), produção de madeira (Wakamiya *et al.*, 2022), proteção contra geadas (Santoro *et al.*, 2023) e produção de feno (Sá *et al.*, 2024).

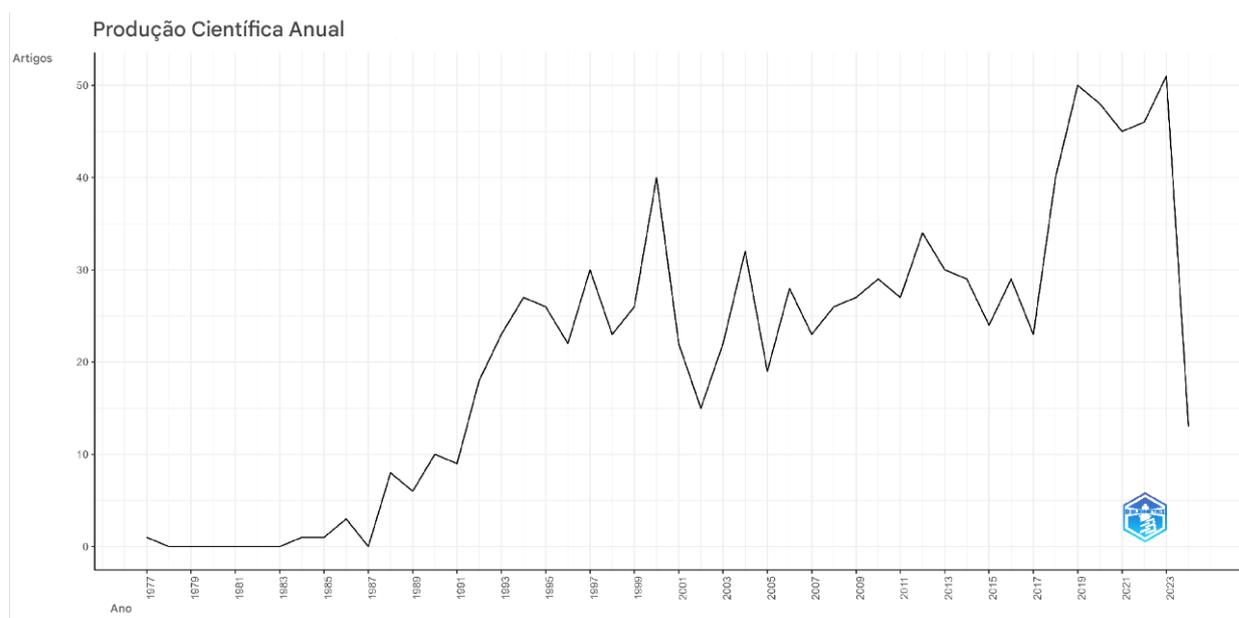


Figura 4. Números de produções científicas por ano sobre *Gliricidia sepium* (1977 – 2025).

Observou-se que o país que iniciou estudos com a espécie em 1977 foi a Índia, com Katyal (1977). O autor usou a *G. sepium* para acelerar a decomposição da matéria orgânica, o que resultou no aumento da concentração de nutrientes no solo e melhorou seu potencial para o cultivo de arroz. A partir de 2015, observou-se um aumento significativo de estudos envolvendo a espécie no Brasil, consolidando o país como líder em publicações científicas sobre *G. sepium*, superando outros países em quantidade de pesquisas (Figura 5).

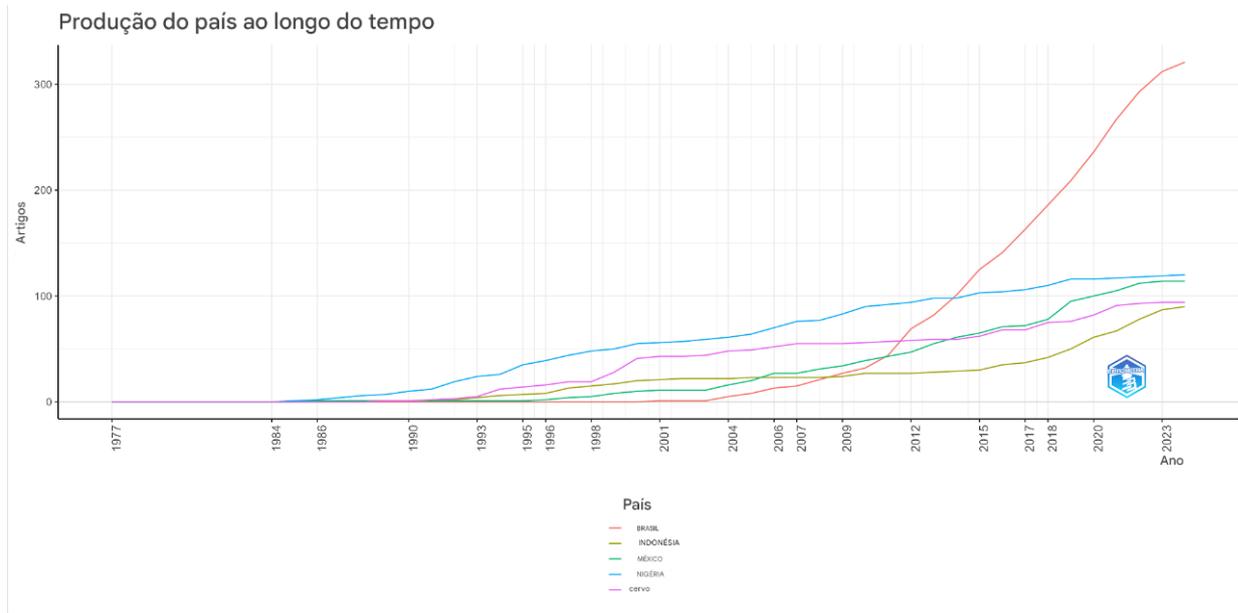


Figura 5. Produção de estudos científicos dos principais países com estudos sobre *Gliricidia sepium* (1977 – 2025).

As cinco revistas que mais publicaram estudos sobre a espécie foram a *Agroforestry Systems*, *Livestock Research For Rural Development*, *Animal Feed Science and Technology*, *Cuban Journal of Agricultural Science* e *Plant and Soil*. Todas essas relacionadas à agricultura, mostrando o grande potencial agrícola da espécie, sendo observado por diversos países no mundo (Figura 6).

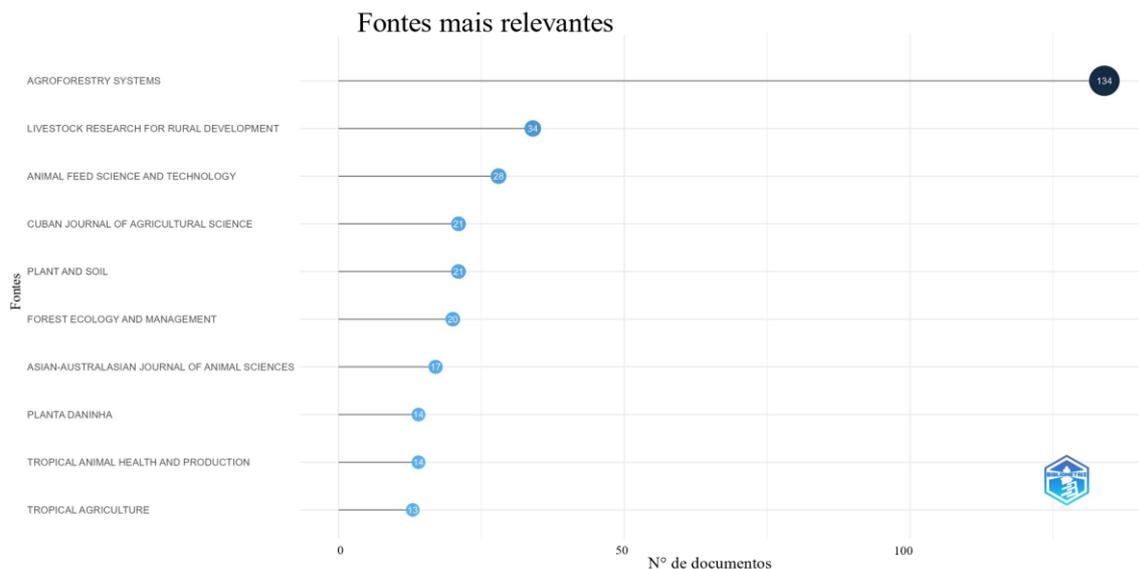


Figura 6. Revistas científicas com maior número de estudos relacionados à *Gliricidia sepium*.

As áreas abordadas nas publicações científicas sobre *G. sepium* foram amplas e abrangeram desde a medicina e estudos genéticos, no entanto, a principal temática foram os diversos usos na agricultura. As publicações mais recentes incluíram estudos sobre aditivos orgânicos (Liyange *et al.*, 2022), sistemas agroflorestais (Alamu *et al.*, 2023), sistemas de cultivo (Raveendra *et al.*, 2021), performance da espécie em relação à qualidade e produção de leite, ingestão de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica para cabras (Arief *et al.*, 2023) e sequestro de carbono (Parra *et al.*, 2023). Além disso, a espécie apresenta estudos inovadores na medicina, como o uso de nanopartículas de óxido de zinco sintetizadas a partir do tronco da *G. sepium* para tratamento terapêutico de gastrite induzida por etanol em ratos (Wafaey *et al.*, 2024).

A espécie vem sendo utilizada principalmente na agricultura devido aos seus múltiplos usos, entre estes consórcios com plantas comerciais. A *G. sepium* é usada como sombra para o cacau (Rajab *et al.*, 2018), proteção de geadas dos cafezais (Santoro *et al.*, 2023), em consórcio com o milho (Swamila *et al.*, 2021), como cerca-viva (López *et al.*, 2016), como fixadora de N no solo (Primo *et al.*, 2014), na alimentação animal (Silva *et al.*, 2021), como adubo verde (Agbede, 2018), como composto antifúngico (Nishshankage *et al.*, 2024), inseticida, nematicida, antibacteriano (Nazli *et al.*, 2011) e antimicrobiano (Tabassum e Vidyasagar, 2014). Também é usada para produção de feno (Sá *et al.*, 2024) e silagem (Santana *et al.*, 2019), como fonte alternativa de energia (Ratnasiri, 2008) com o aproveitamento de sua madeira (Wakamiya *et al.*, 2022).

Desse modo, a *G. sepium* apresenta potencial para práticas agrícolas sustentáveis, sendo uma alternativa versátil e eficiente para o manejo de nutrientes no solo e incremento da produtividade agrícola. Sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio é importante, pois reduz a dependência de fertilizantes químicos e promove um uso mais equilibrado dos recursos naturais. Resultados indicam o aumento na produtividade de diversas culturas, como mandioca (Agbede, 2018) e hortaliças (Almeida *et al.*, 2008; Adekiya, 2018; Aboyeji *et al.*, 2021), além da melhora na qualidade química e biológica do solo quando associadas à *G. sepium* (Raveendra *et al.*, 2021).

Outros estudos observaram que a *G. sepium* demonstrou potencial em práticas agrícolas sustentáveis, atuando como fonte de nitrogênio para hortaliças como alface e tomate, com desempenho semelhante ao esterco de aves e sem comprometer a vida útil dos produtos (Almeida, 2008; Adekiya, 2018). Em sistemas de cultivo como mandioca, a espécie favoreceu o aumento da produtividade em até 85% e reduziu os níveis de ácido cianídrico (Agbede, 2018). Em combinações com esterco de aves, melhorou significativamente o peso de brotos, raízes e tubérculos de inhame (Afolayan, 2018) e aumentou o rendimento de quiabo (Aboyeji *et al.*, 2021). Em solos com 20 anos de cultivo de consórcio com coqueiro no Sri Lanka, houve aumento significativo da matéria orgânica, potássio, nitrogênio total e fósforo disponível no solo (Raveendra *et al.*, 2021). Em consórcio com coqueiro, cravo e noz-moscada, a *G. sepium* contribuiu para o aumento de N, P e K (Pandey e Singh, 2010). Em plantações de pimenta preta (*Piper nigrum* L.), além do aumento nos níveis de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo, a *G. sepium* favoreceu a biomassa microbiana e atividades enzimáticas como desidrogenase e urease (Dinesh, 2010). A *G. sepium* é uma espécie fixadora de N no solo e Kaba *et al.* (2019) observaram que a proximidade do cacau com a espécie influenciou o $\delta^{15}\text{N}$. O plantio de cacau foi beneficiado pelo N fixado por meio da *G. sepium* ($p < 0,05$) e o mesmo foi observado por Reddy (1991) na produção de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Essa interação entre planta e solo é essencial para a manutenção prolongada da fertilidade do solo. Além disso, o uso combinado com outros insumos, como esterco de aves, potencializa os benefícios para as culturas, demonstrando sua adaptabilidade a diferentes sistemas de manejo. Na Índia, a *G. sepium* foi usada para substituir parcialmente fertilizantes de K em solos deficientes, melhorando as propriedades do solo e aumentando os rendimentos

do algodão (Gabhane *et al.*, 2023). No cultivo de arroz, também na Índia, o uso de *G. sepium* como cobertura morta em sistemas de plantio direto reduziu o consumo de energia em quase 50%, aumentou a eficiência energética e a lucratividade (Yadav, 2020). Portanto, a *G. sepium* age como um substituto parcial de fertilizantes minerais, especialmente em solos deficientes, onde foram mostrados resultados da capacidade da espécie de promover melhorias na fertilidade e no rendimento de culturas como algodão (Gabhane *et al.*, 2023) e arroz (Manjappa, 2023). Além de reduzir custos com insumos químicos, seu uso como cobertura morta em sistemas de plantio direto proporciona significativa economia de energia e maior eficiência nos sistemas produtivos (Yadav, 2020).

Devido à utilização em sistemas agroflorestais em consórcio com milho, foram encontrados 83 estudos com a palavra-chave “*Zea mays*” neste levantamento. Esse resultado demonstra como o consórcio com a *G. sepium* apresenta potencial para aumentar a produção de uma cultura mundialmente comercial. Na Tanzânia, ao longo de 20 anos, o consórcio do milho com *G. sepium* apresentou indicadores econômicos superiores ao milho isolado, com maior retorno por pessoa-dia e benefícios a longo prazo, mesmo com custos iniciais mais altos (Swamila *et al.*, 2021). Na Indonésia, Neswati *et al.* (2023) observaram que a técnica de cultivo em alamedas com *G. sepium* na produção de milho foi eficaz na redução da erosão do solo. No Brasil, Figueiredo *et al.* (2023) avaliaram o impacto de diferentes densidades de *G. sepium* na ciclagem de nitrogênio em um sistema agrossilvícola com milho. A densidade de 1000 plantas por hectare foi a mais eficiente, e o sistema mostrou-se promissor para aumentar a eficiência de produção em regiões tropicais.

Além de contribuir para a fertilidade do solo, estudos anteriores observaram a capacidade da *G. sepium* de se adaptar a condições climáticas adversas. O estudo de Braga (2022) mostrou a adaptação da *G. sepium* a altos níveis de estresse salino, com recuperação da produção de folhas após duas semanas. A via de biossíntese de fenilpropanóides foi diretamente relacionada à resposta a curto prazo. A planta utiliza mecanismos de exclusão de sal, iniciando pela desfolhação severa na copa e limitando a entrada de sódio nas raízes. Foram observadas 11 vias metabólicas em ação durante o estudo das raízes da espécie sob o estresse salino, sugerindo que lignina, fitoesteróis e lisina são compostos essenciais para a adaptação da planta. Esses resultados reforçam o potencial da *G. sepium* para utilização em áreas com condições ambientais adversas, pois é uma espécie que demonstra alta capacidade de adaptação a condições de estresse salino extremo, sendo classificada como excludente de sal por limitar a entrada de sódio nas raízes e manter o equilíbrio nutricional, além de retomar o crescimento foliar após o estresse osmótico. Por isso, a espécie é adequada para o uso em áreas com solos salinos ou sódicos, como regiões costeiras e terras irrigadas com drenagem inadequada, a exemplo do semiárido nordestino no Brasil ou de regiões de Bangladesh. O estudo buscou compreender os mecanismos de adaptação da *G. sepium* ao sal, com foco nas respostas metabólicas e transcriptômicas, destacando sua relevância no manejo de solos salinos e no desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis (Braga *et al.*, 2022).

A *G. sepium* é uma espécie importante para a conservação do solo em regiões semiáridas devido a sua contribuição para o equilíbrio das condições ambientais locais. Em sistemas agroflorestais com a espécie, observa-se a retenção de umidade e redução da temperatura do solo, conforme reportado por Budelman (1989). A degradação do solo em regiões de clima intenso ocorre devido à alta temperatura e à baixa retenção de umidade no estrato superficial, prejudicando o desenvolvimento inicial das plantas. Também foi possível observar que o uso da *G. sepium* como cobertura morta reduz a temperatura do solo em até 7,5°C e aumenta a umidade em 5,1%, com efeitos significativos por cerca de 80 dias. Essas melhorias no microclima do solo são essenciais em solos tropicais, como os da Costa do Marfim, onde o estudo foi conduzido, ou no Brasil, contribuindo para melhores condições de crescimento das plantas e maior sustentabilidade em sistemas agrícolas (Budelman, 1989).

Na alimentação animal, a espécie tem sido utilizada como silagem e feno, e sua efetividade foi comprovada em vários estudos. A *G. sepium* tem potencial para reduzir a

produção de metano em ruminantes devido ao seu conteúdo de taninos condensados, oferecendo valor nutricional adequado e ajudando a diminuir as emissões de gases de efeito estufa (Mayorga *et al.*, 2022). A presença de taninos condensados em leguminosas, incluindo a *G. sepium*, melhora a microbiota ruminal, aumentando bactérias benéficas e reduzindo arqueias metanogênicas (Fagundes *et al.*, 2021).

Esses estudos sobre o uso da *G. sepium* na alimentação animal são, de modo geral, realizados em países tropicais e em sua maioria países subdesenvolvidos. Os resultados indicam que a *G. sepium* pode ajudar a baratear a produção e auxiliar no manejo de animais em campo, sem ser necessário o uso de tecnologias avançadas. Isso foi observado em Moçambique, onde a suplementação do gado Angoni com *G. sepium*, amoreira e *L. leucocephala* aumentaram significativamente o ganho de peso diário, chegando a 400 g (Pimentel *et al.*, 2011). Na Indonésia, foi possível substituir até 45% da leucena por *G. sepium* na dieta de bovinos Bali (Dahlanuddin *et al.*, 2019). Adegun e Ekundayo (2023) observaram que, combinada com a mandioca, a *G. sepium* favoreceu o crescimento de carneiros e a manutenção da saúde animal durante a estação seca na Nigéria. Almario *et al.* (2023), em um estudo na Colômbia, verificaram que a *G. sepium* apresentou palatabilidade muito alta para bovinos quando comparada com outras 19 espécies forrageiras lenhosas, ficando atrás apenas da *L. leucocephala* e *Albizia niopodes*.

No Brasil, em estudo realizado em Aracaju (SE), Santana *et al.* (2020) substituíram parcialmente o farelo de soja e o feno de capim-elefante, e observaram maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) com uso de feno de *G. sepium* (67,8%). O mesmo foi observado por Lemos *et al.* (2020), em São Cristóvão (SE), onde o uso da *G. sepium* resultou em maior consumo de nutrientes, ganho de peso, rendimento de carcaça e redução no consumo de água com a silagem de cordeiros, sendo a espécie recomendada pelos autores para o uso em regiões semiáridas.

Portanto, observa-se que o uso dessa espécie é relevante na alimentação animal, pois oferece diversos benefícios nutricionais. Além disso, sua adaptabilidade permite que seja utilizada em períodos de seca, quando o acesso a fontes convencionais de alimento se torna mais difícil, garantindo suporte alimentar aos animais em condições adversas.

Outros potenciais da *G. sepium* incluem sua ação como bioinseticida, nematicida e antibacteriano. Pesquisas nessa área são relevantes, pois a produção de soluções naturais a partir de uma planta de fácil manejo e propagação, como a *G. sepium*, contribui para reduzir a aplicação de produtos químicos no campo. Isso favorece práticas agrícolas mais sustentáveis e ambientalmente seguras. No Paquistão, Nazli (2011) demonstrou que o extrato etanólico das folhas teve eficácia como repelente (60%) contra o nematoide *Meloidogyne incognita*, foi repelente (78%) ao *Aedes aegypti*, e apresentou atividade antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella typhi* e *Klebsiella* spp.

Além disso, a espécie é uma fonte de compostos bioativos que podem contribuir para estratégias de manejo integrado de pragas (Ravidran *et al.*, 2017). Na Zâmbia, foi eficiente no manejo do besouro da sesbania (*Mesoplatys ochroptera*) e na ciclagem de nutrientes (Sileshi e Mafongoya, 2002). O extrato etanólico de *G. sepium* se mostrou uma alternativa no manejo do ácaro vermelho (*Tetranychus cinnabarinus*) (Sivira *et al.*, 2011), do pulgão-negro (*Aphis fabae*) (Maulion *et al.*, 2021) e da praga *Hypsipyla grandella* em plantações de *Cedrela odorata* (Solís *et al.*, 2019).

Além dos efeitos sobre insetos, nematoides e bactérias, existe uma busca por espécies com efeitos alelopáticos, para serem utilizadas como alternativas a produtos químicos. Essas espécies oferecem uma solução sustentável, ajudando a reduzir o uso de químicos na agricultura e promovendo práticas mais ecológicas e de baixo impacto ambiental. No estudo de Ramamoorthy e Paliwal (1993) com a *G. sepium*, foram identificados e quantificados, por meio de HPLC (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), 15 compostos tóxicos, como os ácidos gálico e vanílico, que inibiram a germinação e o alongamento radicular das sementes de sorgo (*Sorghum vulgare*). A aplicação de folhas de *G. sepium* como cobertura vegetal

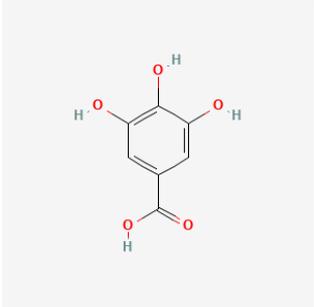
(400, 800 e 1200 g/m²) controlou ervas daninhas e aumentou a produtividade do sorgo, com melhores resultados até 800 g/m². De forma similar, Takemura (2013) isolou a cumarina das folhas de *G. sepium*, identificando-a como o composto responsável pela inibição do crescimento de radículas de *Lactuca sativa*, destacando sua importância no controle do crescimento de outras plantas (Tabela 1).

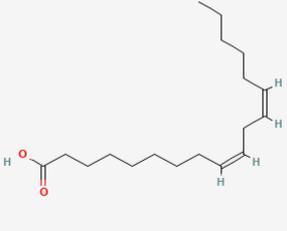
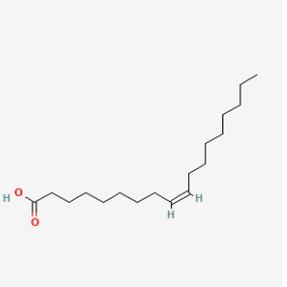
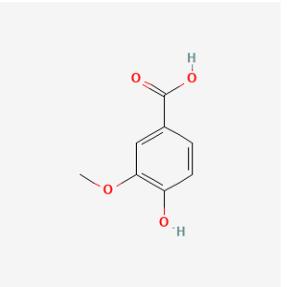
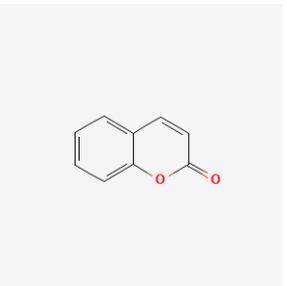
Em outra aplicação industrial para a *G. sepium*, observa-se a produção de óleo a partir das sementes da espécie. Estudando várias espécies leguminosas, Grygier *et al.* (2022) verificaram que a *G. sepium* apresenta alto rendimento de óleo, em concentrações semelhantes ou até superiores às da soja, uma das principais oleaginosas globais. Com ácidos graxos insaturados predominantes, como oleico e linoleico, e altos níveis de tocoferóis, a *G. sepium* oferece potencial tanto para aplicações alimentares quanto industriais. Além disso, sua contribuição como cultura oleaginosa não convencional amplia as alternativas sustentáveis para a produção de óleos vegetais ricos em compostos bioativos.

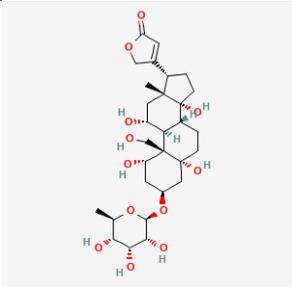
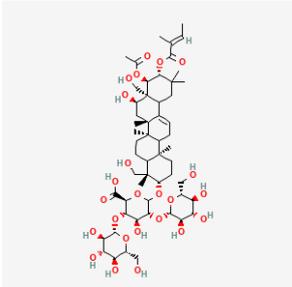
Na área medicinal, a *G. sepium* não apresentou uma grande diversidade de estudos. Porém, os poucos estudos (4/83) encontrados mostraram o potencial para a utilização na área da saúde dessa espécie. Álvarez *et al.* (2022) avaliaram o efeito antiviral de extratos de plantas da medicina tradicional colombiana contra o SARS-CoV-2 e encontraram que o extrato de *G. sepium* inibiu o vírus em até 75,6% nas concentrações testadas. Além disso, uma investigação com 1.225 participantes revelou cerca de 30 usos medicinais, incluindo o tratamento para coceira. As preparações foram feitas a partir de folhas frescas, evidenciando a dependência das comunidades rurais em relação a essas plantas e a necessidade de preservar as práticas culturais e os recursos vegetais (Estrada *et al.*, 2011).

Observa-se que a *G. sepium* é uma planta com potencial para a formulação de produtos agropecuários, como antibactericidas, fungicidas, herbicidas e nematicidas. Além disso, compostos químicos extraídos da *G. sepium* podem ser utilizados na produção de medicamentos, ampliando suas aplicações na área da saúde. No entanto, é necessário realizar estudos mais aprofundados e avaliações rigorosas sobre o uso da espécie. Isso inclui a investigação de sua eficiência, segurança e viabilidade econômica, o que inclui técnicas de manejo e melhoramento genético para plantios da espécie, garantindo que seu potencial seja explorado de forma sustentável e benéfica.

Tabela 2. Compostos identificados em diferentes estudos de *Gliricidia sepium* e suas propriedades.

Compostos	Propriedades	Partes utilizadas	Referências
Ácido gálico 	Efeito alelopático em sementes de <i>Sorghum vulgare</i>	Folhas	Ramamoorthy e Paliwal (1993)
Ácido linoleico	Prevenção de doenças cardiovasculares,	Sementes	Grygier <i>et al.</i> (2022)

	<p>hidratação da pele, regulação de inflamação</p>		
<p>Ácido oleico</p> 	<p>Proteção da pele, aditivo para sabão, regeneração muscular</p>	<p>Sementes</p>	<p>Grygier <i>et al.</i> (2022)</p>
<p>Ácido Vanílico</p> 	<p>Efeito alelopático em sementes de <i>Sorghum vulgare</i></p>	<p>Folhas</p>	<p>Ramamoorthy e Paliwal (1993)</p>
<p>Cumarina</p> 	<p>Efeito alelopático em sementes de alface</p>	<p>Folhas</p>	<p>Takemura <i>et al.</i> (2013)</p>
<p>Glicosídeos</p>	<p>Atividade antibacteriana</p>	<p>Folhas</p>	<p>Jasmine (2017)</p>

			
<p>Saponinas</p> 	<p>Atividade anti-inflamatória, anticâncer, antiviral, antitumoral, antifúngica, hipoglicêmica e citotóxica</p>	<p>Folhas</p>	<p>Falade (2021)</p>

O primeiro estudo de diversidade genética de *G. sepium sepium* usando marcadores moleculares foi realizado por Dawson *et al.* (1996), que investigaram a hibridização entre *G. sepium* e *G. maculata*. O estudo revelou a presença de populações híbridas e a integridade genética de algumas populações de *G. sepium* na costa do Pacífico. Em 1997, os mesmos autores (Dawson *et al.*, 1997) avaliaram a dispersão gênica mediada pelo pólen em uma população guatemalteca de *G. sepium*, utilizando marcadores SSR. Os resultados mostraram que uma parte significativa da transferência de pólen ocorreu a distâncias superiores a 75 metros, destacando a importância da polinização na diversidade genética.

Dawson *et al.* (1996) relataram populações geneticamente homogêneas, o que pode comprometer sua capacidade de adaptação a condições ambientais diversas. Além disso, a propagação da espécie por sementes pode ser prejudicada pela predação de suas flores por aves, como os papagaios urbanos (Silva *et al.*, 2023), o que pode reduzir a variabilidade genética da espécie.

No entanto, esses estudos têm limitações quanto à sua aplicabilidade em futuros programas de melhoramento genético da espécie. Isso ocorre porque eles utilizam metodologias e abordagens que não exploram técnicas modernas mais avançadas. Estudos mais abrangentes e atualizados são necessários para investigar a diversidade genética em diferentes populações, permitindo uma análise mais detalhada e aplicável a grupos variados.

4.4. Conclusões

A *Gliricidia sepium* possui ampla versatilidade no campo agrícola e biotecnológico. Seus múltiplos usos vão desde a recuperação de solos degradados até seu potencial como forragem e insumo para agroflorestas.

Foram encontrados poucos estudos científicos envolvendo essa planta, os quais mostraram sua importância para combater o vírus SARS-CoV-2 e para o tratamento de coceira a partir de suas folhas frescas.

Há necessidade de estudos de diversidade genética da *G. sepium*, a fim de explorar melhor os potenciais dessa planta.

4.5. Referências Bibliográficas

ABOYEJI, C. M.; OLANIYAN, D. O.; DUNSIN, O.; ADEKIYA, A. O.; OKUNLOLA, F. O.; EJUE, S. W.; ADEBIYI, O.T.V.; OLOFINTOYE, T. A. J.; AREMU, C. O.; AFOLAYAN, J. O.; ADENIYI, H. A. Physiological growth, yield and quality responses of okra to sole and combined soil application of green biomass, poultry manure and inorganic fertilizers. **Plant Physiology Reports**, v. 26, p. 709-721, 2021.

ADEGUN, M. K.; EKUNDAYO, F. G.; AJAYI, D. D. Growth and Blood Indices of West African Dwarf Rams Fed Urea Treated Cassava Peels with Graded Levels of *Gliricidia sepium* Fodder. **Journal of Animal Health and Production**, v. 11, n. 4, p. 420-429, 2023.

ADEKIYA, A. O. Legume mulch materials and poultry manure affect soil Properties, and growth and fruit yield of tomato. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 83, n. 2, p. 161-167, 2018.

ADELUSI, O. O.; IDOWU, O. J.; ADEBAYO, K. O.; BALOGUN, M. T.; ONI, A. O. *In vitro* degradability of diets containing varying levels of *Gliricidia sepium* and cassava leaf meals. **Livestock Research for Rural Development**, v. 34, n. 64, 2022.

AFOLAYAN, E. T.; OYETUNJI, J. O. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Green Manure of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* on the Yield of White Yam (*Dioscorea rotundata*) and Soil Bioremediation in the Abandoned Quarry. **Agriculture Extension Journal**, v. 2, n. 1, p. 51-54, 2018.

AGBEDE, T. M. Effect of Green Manure Application on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Growth, Yield Quantity and Quality in Degraded Alfisols. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 41, n. 4, p. 1757-1777, 2018.

AGUILAR, E. D. B.; RODRÍGUEZ, P. P. V.; NAVA, F. M.; NOVEROLA, I. L. Uso y rentabilidad de hojas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Walp. como fuente de proteína en dieta energética de bovinos en pastoreo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. e71247, 2024.

ALAMU, E. O.; JOYCE, N.; JULIET, A.; JOEL, N.; CHAZANGWE, R.; TESFAI, M.; DAVID, C.; ISAAC, N.; LEWIS, D.; SEKHAR, N. U. Assessing the impact of *Gliricidia* agroforestry-based interventions on crop nutritional, antinutritional, functional, and mineral compositions in eastern Province, Zambia. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 47, n. 10, p. 1440–1460, 2023.

ALMARIO, N. P.; DELGADO, J. M.; CRUZ, D. C.; BAZURTO, C. T. C.; TURRIAGO, J. M. M.; FRANCO, O. E. O. Palatabilidad relativa de leñosas forrajeras representativas del bosque seco tropical utilizando un método de cafetería. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 145–159, 2023. doi: 10.17138/TGFT(11)145-159

ALMEIDA, M. M. T. B.; LIXA, A. T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R. L. D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 675–682, 2008.

ÁLVAREZ, L. F.; MORENO, J. M.; CARDONA, M. I. Z.; GALEANO, E.; GUARIN, F. A.; ZAPATA, W. *In vitro* antiviral activity against SARS-CoV-2 of plant extracts used in

Colombian traditional medicine. **Vitae**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2022. doi: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v29n1a347854>

AROMATARIS, E.; PEARSON, A. The systematic review: an overview. **American Journal of Nursing**, v. 114, n. 3, p. 53-58, 2014. doi: 10.1097/01.NAJ.0000444496.24228.2c

ARIEF; PAZLA, R.; JAMARUN, N.; RIZQAN. Production performance, feed intake and nutrient digestibility of etawa crossbreed dairy goats fed Tithonia (*Tithonia diversifolia*), Cassava leaves and Palm Kernel cake Concentrate. **International Journal of Veterinary Science**, v. 12, n. 3, p. 428-435, 2023.

ATTA-KRAH, A. N.; SUMBERG, J. E. Studies with *Gliricidia sepium* for crop/livestock production systems in West Africa. **Agroforestry Systems**, v. 6, n. s/n, p. 97-118, 1988. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02344748>

BAGGIO, A. J. Possibilidades de *Gliricidia sepium* (jacq.) steud para uso em sistemas agroflorestais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 13, p. 241-243, 1984.

BRAGA, I. D. O.; SILVA, T. L. C.; SILVA, V. N. B.; NETO, J. C. R.; RIBEIRO, J. A. A.; ABDELNUR, P. V.; SOUSA, C. A. F.; SOUZA, M. T. Deep Untargeted Metabolomics Analysis to Further Characterize the Adaptation Response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. to Very High Salinity Stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. 869105, p. 1-16, 2022. doi: 10.3389/fpls.2022.869105

BUDELMAN, A. The performance of selected leaf mulches in temperature reduction and moisture conservation in the upper soil stratum. **Agroforestry Systems**, v. 8, n. 1, p. 53-66, 1989.

COELHO, K. P.; RIBEIRO, P. R. A.; MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F.; RODRIGUES, T. L.; MOREIRA, F. M. S. Symbiosis of rhizobia with *Gliricidia sepium* and *Clitoria fairchildiana* in an Oxisol in the pre-Amazon region of Maranhão State. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 1-9, 2018. doi: 10.4025/actasciagron.v40i1.35248

DAHLANUDDIN, Y. O.; FAUZI, T.; BACK, P. J.; HICKSON, R.; MORRIS, S. T.; POMROY, W. E.; REID, J. I.; ANDERSON, C. W. N. Feed intake, rumen fermentation, digestibility and live weight gain of male Bali cattle (*Bos javanicus*) fed different mixtures of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. **Livestock Research for Rural Development**, v. 31, n. 9, 2019.

DAWSON, I. K.; SIMONS, A. J.; WAUGH, R.; POWELL, W. Detection and pattern of interspecific hybridization between *Gliricidia sepium* and *G. maculata* in Meso-America revealed by PCR-based assays. **Molecular Ecology**, v. 5, n. 1, p. 89-98, 1996. doi: 10.1111/j.1365-294x.1996.tb00294.x

DINESH, R.; SRINIVASAN, V.; HAMZA, S.; PARTHASARATHY, V. A.; AIPE, K. C. Physico-chemical, biochemical and microbial properties of the rhizospheric soils of tree species used as supports for black pepper cultivation in the humid tropics. **Geoderma**, v. 158, n. 3-4, p. 252-258, 2010.

DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. **Introdução e avaliação de *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro**. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.) Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste

brasileiro. Versão 1.0, 1999. Petrolina: Embrapa Semi-Árido /Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. <http://www.cpatsa.embrapa.br>

ESTRADA, H. G.; CASTILLO, F. D.; OSPINA, L. F.; CAMARCO, J. M.; LEDEZMA, J. G.; MEDINA, J. D.; IBARRA, R. G. Folk medicine in the northern coast of Colombia: an overview. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 7, n. 1, p. 27, 2011.

FAGUNDES, G. M.; BENETEL, G.; CARRIERO, M. M.; SOUSA, R. L. M.; MUIR, J. P.; MACEDO, R. O.; BUENO, C. S. Tannin-rich forage as a methane mitigation strategy for cattle and the implications for rumen microbiota. **Animal Production Science**, v. 61, n. 1, p. 26, 2021. doi: <https://doi.org/10.1071/AN19448>

FALADE, V. A.; ADELUSE, T. I.; ADEDOTUN, I.O.; HAMMED, M.A.; LAWAL, T.A.; AGBOLUAJE, S.A. In silico investigation of saponins and tannins as potential inhibitors of SARS-CoV-2 main protease (Mpro). **In Silico Pharmacology**, v. 9, n. 1, p. 9, 2021.

FIGUEIREDO, C. C. D.; MOREIRA, T. N.; COSER, T. R.; SILVA, L. P.; LEITE, G. G.; CARVALHO, A. M.; MALAQUIAS, J. V.; MARCHÃO, R. L.; URQUIAGA, S. Nitrogen Use Efficiency in an Agrisilviculture System with *Gliricidia sepium* in the Cerrado Region. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1647, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/plants12081647>

GABHANE, V. V.; SATPUTE, U.; JADHAO, S.D.; PATODE, R.S.; RAMTEKE, P. Managing soil potassium through green manuring with gliricidia for improving cotton yield and quality of shrink-swell soils of Central India. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 14, p. 3499-3518, 2023.

GRYGIER, A.; CHAKRADHARI, S.; RATUSZ, K.; RUDZINSKA, M.; PATEL, K. S.; LAZDIN, D.; GORNAS, P. Seven underutilized species of the Fabaceae family with high potential for industrial application as alternative sources of oil and lipophilic bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 186, n. 115251, p. 1-6, 2022. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.115251

JALONEN, R.; TIMONEN, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. Arbuscular mycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 2, p. 319–330, 2013. doi: 10.1007/s10457-012-9553-1

KABA, J. S.; ZERBE, S.; ABUNYEMA, A. A.; TAGLIAVINI, M. Tracing the nitrogen flow between *Gliricidia* and cocoa trees in intercropping system using the ^{15}N natural abundant method. **Acta Horticulturae**, n. 1242, p. 587–592, jul. 2019. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.86

KATYAL, J. C. Influence of organic matter on the chemical and electrochemical properties of some flooded soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 9, n. 4, p. 259–266, 1977.

KILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae- Papilionoidae) na região de Petrolina, Pernambuco. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 597–601, 2001.

KUETE, V.; VIERTEL, K.; EFFERTH, T. Antiproliferative Potential of African Medicinal Plants. *In: Medicinal Plant Research in Africa*. Elsevier, p. 711–724, 2013. doi: DOI: 10.1016/B978-0-12-405927-6.00018-7

LEMOS, A. J.; MORAIS, J. A. S.; SOUZA, S. F.; OLIVEIRA, V. S.; ANDRADE, A. C. S.; SANTOS, A. C. P. Consumo, comportamento ingestivo, desempenho, características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de cordeiros em terminação alimentados com feno ou silagem de gliricídia. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 2, p. 94-110, 2020.

LIYANAGE, M.; HANAFI, M. M.; SULAIMAN, M. F.; ISMAIL, R.; GUNARATNE, G.; DHARMAKEERTHI, S.; SUPASINGHE, G.; MAYAKADUWA, A. Consequences of nitrogen mineralization dynamics for soil health restoration of degraded tea-growing soil using organic amendments. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 82, n. 2, p. 199–210, 2022. doi:10.4067/S0718-58392022000200199

LÓPEZ, V.G.; LUGO, F. C.; ZURIMENDI, P. M.; PARSONS, D.; SOLÍS, L. A. A. Effect of live fences of *Gliricidia sepium* on CO₂ fluxes in tropical livestock systems. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 553–564, 2016. doi: 10.1111/sum.12311

MANJAPPA, K. Integrated nutrient-management practices effect on productivity of rice (*Oryza sativa*) and soil properties under rainfed lowland rice situation – A long-term study. **Indian Journal of Agronomy**, v. 68, n. 2, p. 133–139, 2023.

MAYORGA, Y. A.; CEN-CEN, E. R.; GALVÁN, M. M. C.; BRIBIESCA, J. E. R.; MARTÍNEZ, B. C.; VILLARREAL, A. S.; MELLA, M. R. Foliage of tropical trees and shrubs and their secondary metabolites modify in vitro ruminal fermentation, methane and gas production without a tight correlation with the microbiota. **Animals**, v. 12, n. 19, p. 2628, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12192628>

MAULION, R. V.; MATIRA, J. I.; FANOGA, K. M.; MARASIGAN, M. C.; DIMACULANGAN, M. C. Modelling and optimization of microwave assisted extraction of total phenolics in Kakawate (*Gliricidia sepium*) as pesticide against black bean aphids (*Aphis fabae*). **Malaysian Journal of Analytical Sciences**, v. 25, n. 6, p. 1081-1094, 2021.

NAZLI, R.; SOHAIL, T.; NAWAB, B.; YAQEEN, Z. Antimicrobial Property of *Gliricidia sepium* plant extract. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 24, n. 1-4, p. 51-55, 2011.

NESWATI, R.; ABDULLAH, S.; MUSA, Y.; NASARUDDIN. Assessing soil conservation techniques on sloping lands in the humid tropics area of Indonesia in the context of maize cultivation. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 24, n. 3, 2023. doi: 10.13057/biodiv/d240342

NISHSHANKAGE, K.; BUDDHINIE, P. K. C.; EZZAT, A. O.; ZHANG, X.; VITHANAGE, M. Antifungal efficacy of biogenic waste derived colloidal/nanobiochar against *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. **Environmental Research**, v. 241, p. 117621, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117621>

NYGREN, P.; CRUZ, P. Biomass allocation and nodulation of *Gliricidia sepium* under two cut-and-carry forage production regimes. **Agroforestry Systems**, v. 41, n. 3, p. 277-292, 1998.

NYGREN, P.; CRUZ, P.; DOMENACH, A. M.; VAILLANT, V.; SIERRA, J. Influence of forage harvesting regimes on dynamics of biological dinitrogen fixation of a tropical woody legume. **Tree Physiology**, v. 20, n. 1, p. 41–48, 2000.

OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum**, vol. 22, n. 4, p. 895-900, 2000

PANDEY, C. B.; SINGH, R. K. Organic black pepper (*Piper nigrum*) cultivation on Gliricidia standards in coconut (*Cocos nucifera*) plantations in South Andaman: organic matter production and recycling of nutrients. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 80, n. 11, p. 975, 2010.

PARRA, A. S.; RAMIREZ, D. Y. G.; MARTÍNEZ, E. A. Silvopastoral Systems Ecological Strategy for Decreases C Footprint in Livestock Systems of Piedmont (Meta), Colombia. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, p. e23220340, 2023. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220340>

PEREIRA, C. M. **Bibliometria na prática com R e Bibliometrix**. YouTube, 8 de dezembro de 2022. Disponível em: https://youtu.be/2XKsq_y9z_M.

PIMENTEL, P.; VILELA, F.; NGULUVE, D. W.; MUIR, J. P.; JOSÉ, A. Supplementary feeding increases live weight gain of Angoni cattle during the dry season in Mozambique. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, n. 6, p. 7, 2011.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GARRIDO, M. S.; JÚNIOR, J. C. B. D.; SOUZA, C. S. Recovery of N applied as 15N-manure or 15N-gliricidia biomass by maize, cotton and cowpea. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 100, n. 2, p. 205–214, 2014. doi: 10.1007/s10705-014-9638-5

RAJAB, Y. A.; HOLSCHER, D.; LEUSCHNER, C.; BARUS, H.; TJOA, A.; HERTEL, D. Effects of shade tree cover and diversity on root system structure and dynamics in cacao agroforests: The role of root competition and space partitioning. **Plant and Soil**, v. 422, n. 1–2, p. 349–369, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3456-x>

RAMAMOORTHY, M.; PALIWAL, K. Allelopathic compounds in leaves of *Gliricidia sepium* (Jacq.) kunth ex walp. and its effect on *Sorghum vulgare* L. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 8, p. 1691–1701, 1993.

RAVINDRAN, R.; JULIET, S.; RAMANKUTTY, S.A.; SATHISH, N.; NAIR, S.N.; AJITHKUMAR, K.G.; CHANDRASEKHAR, L.; GHOSH, S. Effects of Ethanolic Extract of the Leaves of *Pongamia glabra* and *Gliricidia sepium* against *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1–6, 2017.

RATNASIRI, J. Alternative energy – prospects for Sri Lanka. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, v. 36, n. s/n, p. 89, 2008.

RAVEENDRA, S. A. S. T.; NISSANKA, S. P.; SOMASUNDARAM, D.; ATAPATTU, A. J.; MENSAH, S. Coconut-gliricidia mixed cropping systems improve soil nutrients in dry and wet regions of Sri Lanka. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 2, p. 307–319, 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00587-2>

REDDY, G. S.; VENKATESWARLU, B.; VITTAL, K. P. R.; SANKAR, G. R. M. Effect of different organic materials as source of nitrogen on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 8, p. 551-555, 1991.

REYES, T.; QUIROZ, R.; LUUKKANEN, O.; MENDIBURU, F. Spice crops agroforestry systems in the East Usambara Mountains, Tanzania: growth analysis. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 3, p. 513–523, 2009. doi: 10.1007/s10457-009-9210-5

SÁ, M. K. N.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, G. G. L.; MAGALHÃES, A. L. R.; ARAÚJO, C. A.; VALENÇA, R. L.; MACEDO, A.; OLIVEIRA, A. R. S.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; NEGRÃO, F. M.; SILVA, T. G. F.; CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C. Fermentation profile, aerobic stability, and chemical and mineral composition of cactus pear silages with different inclusion levels of gliricidia hay. **Plants**, v. 13, n. 2, p. 195, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/plants13020195>

SANTANA, J. C. S.; MORAIS, J. A. S.; SANTOS, M. S. A. A.; GURGEL, A. L. C.; MUNIZ, E. N.; OLIVEIRA, V. S. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de fermentação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, 2019. doi: <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1436>

SANTANA, J. C. S.; MORAIS, J. A. S.; DIFANTE, G. S.; ÍTAVO, L. C. V.; GURGEL, A. L. C.; OLIVEIRA, V. S.; RODRIGUES, M. J. S. T. *In vitro* digestion characteristics of various combinations of elephant grass hay, gliricidia hay or silage, soybean meal and corn meal in rations for sheep. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicales**, v. 8, n. 2, p. 147–152, 2020. doi: 10.17138/TGFT(8)147-152

SANTORO, P. H.; MORAIS, H.; KITZBERGER, C. S. G. Reduction of frost damage to coffee trees under agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 18, n. s/n, p. 1–9, 2023. doi: <https://doi.org/10.25186/v18i.2131>

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P. L. Incidence of *Mesoplatys ochroptera* Stål (Coleoptera: *Chrysomelidae*) on *Sesbania sesban* in pure and mixed species fallows in eastern Zambia. **Agroforestry Systems**, v. 56, n. 3, p. 225-231, 2002.

SILVA, I. A. G.; DUBEUX JR., J. C. B.; MELO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; SANTOS, M. V. F.; APOLINÁRIO, V. X. O.; FREITAS, E. V. Tree legume enhances livestock performance in a silvopasture system. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 358–369, 2021. doi: 10.1002/agj2.20491

SILVA, P. A.; SILVA, L. L.; CHERUTTE, A. G.; GOMES, A. C. S.; BRITO, L.; RODRIGUES, B. M.; SANTOS, S.T.; SANTOS, L. S. Florivory on an alien tree as a potential case of biotic resistance provided by urban parrots. **Urban Ecosystems**, v. 26, n. 6, p. 1673–1684, 2023. doi: <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01415-y>

SIVIRA, A.; SANABRIA, M. E.; VALERA, N.; VÁSQUEZ, C. Toxicity of ethanolic extracts from *lippia organoides* and *gliricidia sepium* to *tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). **Neotrop Entomol**, v. 40, n.3, p. 375-379, 2011.

SOLÍS, F. M. M.; LÓPEZ, M. A.; CASAS, M. J.; ALCALÁ, V. M. C.; ROSADO, D. E. P.; COLLADO, C. J. L. *Gliricidia sepium* and fertilization affect growth, nutrient status, and incidence of *Hypsipyla grandella* in a *Cedrela odorata* plantation. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 3, p. 813–823, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0175-5>

SWAMILA, M.; PHILIP, D.; AKYOO, A. M.; MANDA, J.; MWINUKA, L.; SMETHURST, P. J.; SIEBER, S.; KIMARO, A. A. Profitability of *Gliricidia*-Maize System in Selected Dryland Areas of Dodoma Region, Tanzania. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 53, 2021.

TABASSUM, N. M. V.; VIDYASAGAR, G. M. Antimicrobial activity of medicinal oil plants against human pathogens from Hyderabad Karnataka Region. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 26, n. 2, p. 182-188, 2014.

TAKEMURA, T.; KAMO, T.; SAKUNO, E.; HIRADATE, S.; FUJII, Y. Discovery of coumarin as the predominant allelochemical in *Gliricidia sepium*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 25, n. 2, p. 268-272, 2013.

WAFAEY, A. A.; EL-HAWARY, S. S.; ABDELHAMEED, M. F.; EL RAEY, M. A.; ABDELRAHMAN, S. S.; ALI, A. M.; KIROLLOS, F. N. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using ethanolic extract of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. ex. Walp., stem: Characterizations and their gastroprotective effect on ethanol-induced gastritis in rats. **Bioorganic Chemistry**, v. 145, p. 107225, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2024.107225>

WAKAMIYA, S.; KURIMOTO, Y.; SUGIMOTO, H.; AOKI, Y.; KATO, S.; OGASAWARA, M.; KANAZAWA, N.; HOSOKAWA, N.; HAYAKAWA, A.; TAKAHASHI, T.; ISHIKAWA, Y. Physicochemical properties of biochar derived from wood of *Gliricidia sepium* based on the pyrolysis temperature and its applications. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 77, n. 3, p. 322-330, 2022. doi:10.2489/jswc.2022.00083

YADAV, G. S.; BABU, S.; DAS, A.; MOHAPATRA, K. P.; SINGH, R.; AVASTHE, R. K.; ROY, S. No-till and mulching enhance energy use efficiency and reduce carbon footprint of a direct-seeded upland rice production system. **Journal of Cleaner Production**, v. 271, p. 122700, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122700>

5. ARTIGO 2

COLETA, INTERCÂMBIO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE *GLIRICIDIA SEPIUM*

Artigo submetido ao periódico *Scientia Agricola*.

RESUMO

A gliricídia (*Gliricidia sepium* - Fabaceae) é uma espécie arbórea nativa das Américas, adaptada a condições de seca e amplamente utilizada em sistemas pecuários. A espécie foi disseminada em diversas partes do mundo, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical. A gliricídia apresenta-se como uma forragem rica em proteínas, possui alta capacidade de fixação de nitrogênio no solo e é recomendada para recuperação de áreas degradadas, sombreamento e cerca viva. Devido à sua relevância, a Embrapa Tabuleiros Costeiros tem investido na implantação de um Banco Ativo de Germoplasma. Assim, o objetivo do presente estudo foi estimar a diversidade genética de genótipos de diversas regiões do Brasil. Para tanto, estacas de 14 localidades de cinco estados brasileiros (SE, PE, PB, RJ e RO) foram utilizadas na produção de mudas, obtidas através de coletas de campo e intercâmbio com outras instituições. Para a análise da diversidade genética, foram coletadas folhas de 115 genótipos mantidos em casa de vegetação. Foram utilizados nove marcadores moleculares ISSR, que resultaram em 88,9% de bandas polimórficas. A análise de variância molecular (AMOVA) e os valores de diversidade genética sugerem baixa diversidade, com Índice de Shannon (0,194), Distância Genética de Nei (0,213) e heterozigosidade esperada (0,132). Pelo método UPGMA, foram formados seis grupos, indicando uma origem restrita para o material genético da gliricídia. A análise de estrutura genética com o software Structure indicou a formação de dois grupos principais (K=2), além de indivíduos de ancestralidade mista, sugerindo uma mistura genética parcial entre os grupos. Os resultados revelam a baixa diversidade genética, sugerindo que o uso de um número limitado de materiais e o modo de propagação podem estar influenciando a homogeneidade genética observada. Esses dados podem ser utilizados em futuros estudos e programas de melhoramento genético de *G. sepium*, visando a obtenção de uma nova cultivar com características agrônômicas de interesse e promover maior sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: Biodiversidade, recursos genéticos, forrageira tropical.

5.1. Introdução

A gliricídia (*Gliricidia sepium* - Fabaceae) é uma espécie arbórea nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas, com origem na América Central, onde demonstra ampla adaptação a condições de seca (Sá et al., 2021). Além de sua relevância como forrageira em sistemas pecuários, é considerada de interesse agrícola para regiões de clima árido (Edvan et al., 2016) devido ao seu rápido crescimento, alta capacidade regenerativa e facilidade na reprodução sexuada e assexuada (Kill e Drumond, 2001). A espécie foi disseminada em vários países como alternativa sustentável no setor agrícola, de forma bem-sucedida na África, Ásia e América do Sul (Rahman et al., 2019).

Além da sua adaptabilidade a esses ecossistemas, apresenta características agrônômicas que melhoram a fertilidade do solo, principalmente em áreas degradadas e sistemas agrossilvipastoris, devido a sua capacidade de fixar nitrogênio em associação com bactérias do gênero *Rhizobium* (Kaba et al., 2019). A versatilidade da gliricídia expande-se para outros usos agrícolas, como o sombreamento em cafezais (Ricci et al., 2013) e cacauais (Ordoñez e Rangel, 2020), cerca-viva (Villanueva-López et al., 2016), recuperação de áreas

degradadas (Zahawi, 2005) e, amplamente, na produção de forragem voltada à alimentação animal (Andrade et al., 2015; Edvan et al., 2014; Marsetyo et al., 2021; Silva et al., 2021).

A espécie possui folhas ricas em proteínas (18% a 30%) (Pérez-Almario et al., 2023), que são utilizadas como fonte de forragem de alta qualidade, na forma de silagem ou feno, para a suplementação alimentar de borregos de raças ovinas tropicais (Santana Neto et al., 2015). É geralmente considerada de baixa palatabilidade quando oferecida verde aos animais. Portanto, para evitar que os animais relutem em consumi-la, é importante proporcionar um período de adaptação ou utilizar métodos de conservação, como fenação ou ensilagem. Após esses processos, a gliricídia é bem aceita pelos ruminantes em geral (Santana Neto et al., 2015). Todavia, segundo Pérez-Almario et al. (2023), a espécie apresenta alta palatabilidade, sendo uma forrageira de elevado valor nutricional, principalmente em períodos de escassez de outras forrageiras.

O estudo da diversidade genética de plantas introduzidas no Brasil, como a gliricídia, é fundamental para o avanço do melhoramento genético e para maximizar o potencial de uso da espécie. Essas pesquisas possibilitam identificar genótipos com características desejáveis, como maior tolerância a condições de seca, maior produtividade e maior qualidade bromatológica, importantes para a utilização da espécie em regiões áridas e semiáridas como suplementação alimentar de animais.

Em 2023, a Embrapa Tabuleiros Costeiros iniciou a implantação do Banco Ativo de Germoplasma de gliricídia, com o intuito de conservar a variabilidade genética da espécie, caracterizar genótipos distribuídos pelo Brasil e fornecer material para agricultores e melhoristas com ampla diversidade genética, redução de redundâncias e características de interesse agrônômico que possam acelerar o processo de melhoramento genético. Portanto, o objetivo deste estudo foi estimar a diversidade genética de *Gliricidia sepium* oriunda de diversos estados do Brasil.

5.2. Material e Métodos

Coleta e intercâmbio de germoplasma

Estacas de matrizes de gliricídia foram coletadas ou adquiridas através de intercâmbio de germoplasma com outras instituições. Os materiais foram oriundos dos estados da Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, Roraima e seis municípios do estado de Sergipe (Frei Paulo, Itaporanga, N. S. das Dores, N. S. da Glória, Simão Dias, Umbaúba e Aracaju) (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1. Identificação dos genótipos, acesso e procedência.

Genótipos	Acesso	Procedência
1 a 6	1	N. S. da Glória/SE
8 a 12	2	N. S. da Glória/SE
13 a 16	3	Petrolina/PE
17 a 19	4	Umbaúba/SE
20 a 24	5	Lagoa Seca/PB
26 a 29	6	N. S. das Dores/SE
30 a 35	7	N. S. das Dores/SE
36 a 41	8	N. S. das Dores/SE
42 a 47	9	Seropédica/RJ
49, 50	11	Porto Velho/RO

51 a 56	12	Aracaju/SE
57 a 66	19	Frei Paulo/SE
67 a 76	20	Frei Paulo/SE
77 a 86	21	N. S. das Dores/SE
87 a 96	22	N. S. das Dores/SE
97 a 106	23	N. S. das Dores/SE
107 a 117	24	Itaporanga/SE

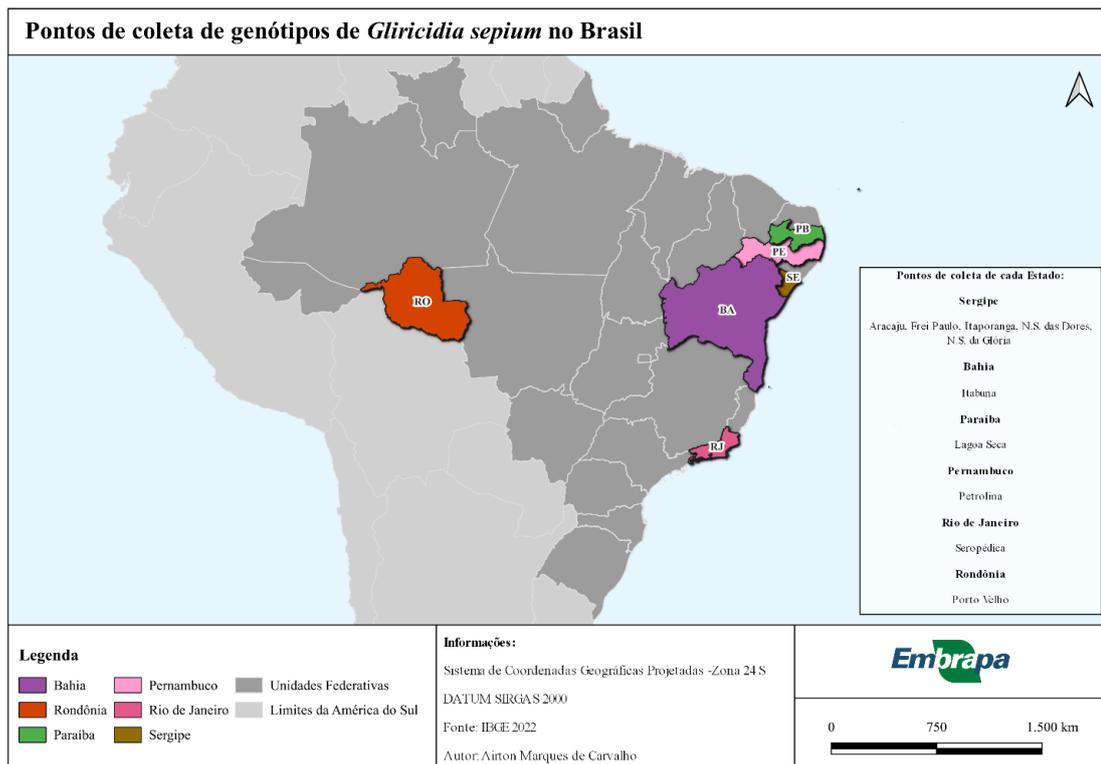


Figura 1. Origem dos genótipos de *Gliricidia sepium* utilizados para estudo de diversidade genética.

Produção de mudas

As estacas eram semilenhosas ou lenhosas, com cerca de 40 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro e foram propagadas entre fevereiro e maio de 2023, na sede da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Aracaju, Sergipe, em recipientes plásticos de 8 L, utilizando como substrato o solo do Campo Experimental de Umbaúba (1:1). Estas foram mantidas em estufa coberta com sombrite 50% e irrigadas por aspersão automatizada por um período de 4 a 6 meses para o enraizamento das estacas.

Extração de DNA

Folhas jovens de cada um dos 115 genótipos foram coletadas, armazenadas em gelo para transferência para o laboratório e mantidas a -80°C até a extração de DNA. A extração de DNA foi conduzida com base na metodologia de Doyle e Doyle (1990). As folhas foram maceradas usando 1 mL de tampão CTAB 2%. A quantificação de DNA foi realizada utilizando um espectrofotômetro Nanodrop 2000c (Thermo Scientific, EUA). As amostras foram diluídas em Tris EDTA a uma concentração de $10 \text{ ng.}\mu\text{L}^{-1}$ e, em seguida, mantidas a -20°C para serem utilizadas em reações de PCR (reação em cadeia da polimerase, sigla em inglês).

Reação em cadeia da polimerase (PCR)

A reação de PCR (20 µL por amostra) foi preparada com 1 µL de solução de DNA genômico, 4 µL de tampão PCR 10X, 0,4 µL de dNTP (10 mM), 2,0 µL de MgCl₂ (50 mM), 1 µL de cada primer, 0,1 µL de Taq DNA polimerase Ludwig e 10,5 µL de água ultrapura. O protocolo da PCR incluiu uma etapa inicial de desnaturação a 95°C por 2 minutos, seguida por 35 ciclos de amplificação (desnaturação a 95°C por 1 minuto, anelamento à temperatura específica de cada primer por 1 minuto e uma primeira extensão a 72°C por 1 minuto), com uma extensão final a 72°C por 5 minutos, realizada em um termociclador Applied Biosystems. Foram testados nove primers ISSR (Tabela 2).

Tabela 2. Primers ISSR testados para *Gliricidia sepium*, sequências e temperaturas de anelamento (TA).

Primers	Sequência (3' – 5')	TA (°C)
ISSR 8	GAG AGA GAG AGA GG	46
UBC 809	AGA GAG AGA GAG AGA GG	50
UBC 810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	45.4
UBC 818	CAC ACA CAC ACA CAG	55.4
UBC 825	ACA CAC ACA CAC ACA CT	54.8
UBC 826	ACA CAC ACA CAC ACA CC	53
UBC 842	GAG AGA GAG AGA GAG AYG	56
UBC 858	TGT GTG TGT GTG TGT GRT	60
UBC 807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	47

Após a amplificação pela reação de PCR, as amostras foram analisadas por eletroforese. Para isso, um gel de agarose a 2% foi utilizado sob uma voltagem constante de 182V, 91 mA e 17W durante 115 minutos, seguido por coloração com solução de brometo de etídio (0,5 µL/mL de água) por 30 minutos. Posteriormente, os géis de agarose foram visualizados sob luz ultravioleta com o equipamento de documentação fotográfica Gel Doc L Pix (Loccus Biotecnologia, Cotia, SP).

Análise dos dados

Para cada gel, a presença (1) e a ausência (0) de bandas foram convertidas em uma matriz binária. A variabilidade genética de cada acesso foi avaliada por meio do índice de Shannon (I) e da heterozigosidade esperada (He), utilizando o software Genalex v.6.5 (Peakall e Smouse, 2012).

A diversidade genética entre e dentro dos acessos foi estimada pela Análise de Variância Molecular (AMOVA), e o nível de significância foi determinado com 9.999 permutações. A diversidade genética entre acessos (Gst) foi calculada conforme Nei (1973), representando a variação genética total, e sua significância foi testada por meio de 10.000 inicializações por bootstrap. Além disso, a distância genética de Nei entre os acessos foi estimada, e uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi realizada para os indivíduos. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Genalex v.6.5.

O agrupamento dos acessos foi avaliado com base na distância genética de Rogers (1972) e visualizado por meio da construção de um dendrograma, utilizando o algoritmo UPGMA (Método de Agrupamento Não Ponderado com Médias Aritméticas). A análise foi

realizada utilizando o pacote Multivariate Analysis no software R (Azevedo, 2021), que também foi utilizado para formatar o dendrograma.

A estrutura genética dos indivíduos foi estimada por meio de análise bayesiana com o software Structure v.2.3.4 (Pritchard et al., 2000). Foram testados valores de agrupamentos genéticos (k) variando de 1 a 17 (correspondente ao número de acessos), com 10 repetições independentes realizadas para cada k. Cada repetição consistiu em um período inicial de 50.000 interações, seguido por 100.000 interações MCMC (Monte Carlo Markov Chain), assumindo um modelo de ancestralidade mista e frequências alélicas não correlacionadas. O número de grupos genéticos (k) foi determinado pelo método ΔK , conforme descrito por Evanno, Regnaut e Goudet (2005), implementado no software Structure Selector (Li e Liu, 2018). Indivíduos que apresentaram valores de filiação inferiores a 0,8 foram considerados de ancestralidade mista.

5.3. Resultados

Os nove primers ISSR geraram 36 bandas, sendo 88,9% de bandas polimórficas (Tabela 3). Houve variação no número máximo de bandas de 1 (UBC 807, 810, 818, 825 e 858) a 6 (UBC 826), tendo em média três bandas por primer. O índice de Shannon observado foi de 0,194 e, considerando que este parâmetro varia de 0 a 1, indicando maior diversidade genética em valores próximos a 1, considera-se que os acessos de gliricídia apresentam baixa diversidade genética. Além disso, a heterozigiosidade esperada (H_e) apresentou uma variação de 0,012 (população 11) a 0,218 (população 24), com média de 0,132, corroborando a baixa diversidade entre os 115 genótipos de gliricídia.

Tabela 3. Relação dos primers ISSR, número total de fragmentos, número de fragmentos polimórficos e porcentagem de polimorfismo, gerados pelas reações de PCR para estudo da diversidade genética dos primers utilizados na caracterização dos acessos de *Gliricidia sepium*.

Primers	Nº de fragmentos	Nº de fragmentos polimórficos	Porcentagem de polimorfismo (%)
ISSR 8	4	4	100
UBC 809	4	4	100
UBC 810	5	5	100
UBC 818	3	3	100
UBC 825	4	4	100
UBC 826	6	6	100
UBC 842	4	4	100
UBC 858	5	5	100
UBC 807	1	0	0
Total	36	35	88,9

Outro parâmetro usado para quantificar o grau de diversidade genética entre os acessos foi a distância genética de Nei. Esse coeficiente varia de 0 a 1, em que valores próximos de 0 indicam populações geneticamente semelhantes, enquanto valores próximos de 1 indicam maior divergência genética. Os resultados indicam que a maior distância genética foi observada entre a população 4 (Umbaúba) e 21 (N. S. das Dores), com um coeficiente de

0,414. Enquanto o par de populações mais geneticamente próximas foi observado entre a população 19 (Frei Paulo) e 24 (Caju), com um coeficiente de 0,012, indicando alta similaridade genética entre elas. Esses valores estão detalhados na matriz de distância genética de Nei apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Matriz de distância genética de Nei de genótipos (G) de *Gliricidia sepium* mantidos na Embrapa Tabuleiros Costeiros.

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G11	G12	G19	G20	G21	G22	G23	G24	
0,00																	G1
0,16	0,00																G2
0,07	0,30	0,00															G3
0,20	0,14	0,32	0,00														G4
0,02	0,16	0,10	0,22	0,00													G5
0,05	0,20	0,15	0,25	0,09	0,00												G6
0,09	0,21	0,21	0,22	0,13	0,03	0,00											G7
0,02	0,18	0,09	0,24	0,03	0,03	0,07	0,00										G8
0,09	0,20	0,15	0,31	0,09	0,08	0,14	0,04	0,00									G9
0,19	0,21	0,34	0,17	0,22	0,15	0,11	0,14	0,12	0,00								G11
0,03	0,19	0,04	0,23	0,05	0,07	0,11	0,03	0,07	0,17	0,00							G12
0,05	0,24	0,05	0,31	0,05	0,10	0,15	0,06	0,11	0,27	0,03	0,00						G19
0,08	0,23	0,16	0,38	0,07	0,07	0,14	0,06	0,07	0,24	0,09	0,05	0,00					G20
0,08	0,32	0,08	0,41	0,08	0,14	0,20	0,11	0,19	0,40	0,07	0,03	0,08	0,00				G21
0,07	0,17	0,13	0,37	0,07	0,08	0,16	0,05	0,04	0,21	0,06	0,08	0,06	0,12	0,00			G22
0,05	0,29	0,07	0,35	0,05	0,10	0,15	0,07	0,14	0,29	0,04	0,01	0,06	0,02	0,10	0,00		G23
0,21	0,28	0,29	0,17	0,26	0,26	0,21	0,25	0,33	0,18	0,20	0,29	0,39	0,30	0,32	0,28	0,00	G24

Na Análise de Variância Molecular (AMOVA) (Tabela 5), verificou-se que a maior parcela de variabilidade dos genótipos está entre as populações, com 27%, enquanto dentro dos acessos, o valor encontrado foi de 73%.

Tabela 5. Análise de Variância Molecular (AMOVA) entre e dentro das populações de *Gliricidia sepium* da Embrapa Tabuleiros Costeiros com base nos nove primers ISSR analisados.

Fonte de variação	de GL	SQ	MQ	Est. Var.	%
Entre	16	181.225	11.327	1.212	27
Dentro	98	314.602	3.210	3.210	73
Total	114	495.826	-	4.423	100

Df = Grau de liberdade, SS = Soma dos quadrados, MS = Média dos quadrados, Est.var. = Estimativa de variância, % = Percentual da variação total.

Por meio da análise de similaridade genética pelo método UPGMA, os 115 genótipos foram agrupados em seis grupos distintos, conforme a distância genética de Rogers (1972) (Figura 2). Os grupos ilustrados com as cores verde cana (G2), verde (G1) e amarelo (G3) se

destacaram pela presença de genótipos provenientes de diferentes regiões geográficas, mas com alta similaridade genética.

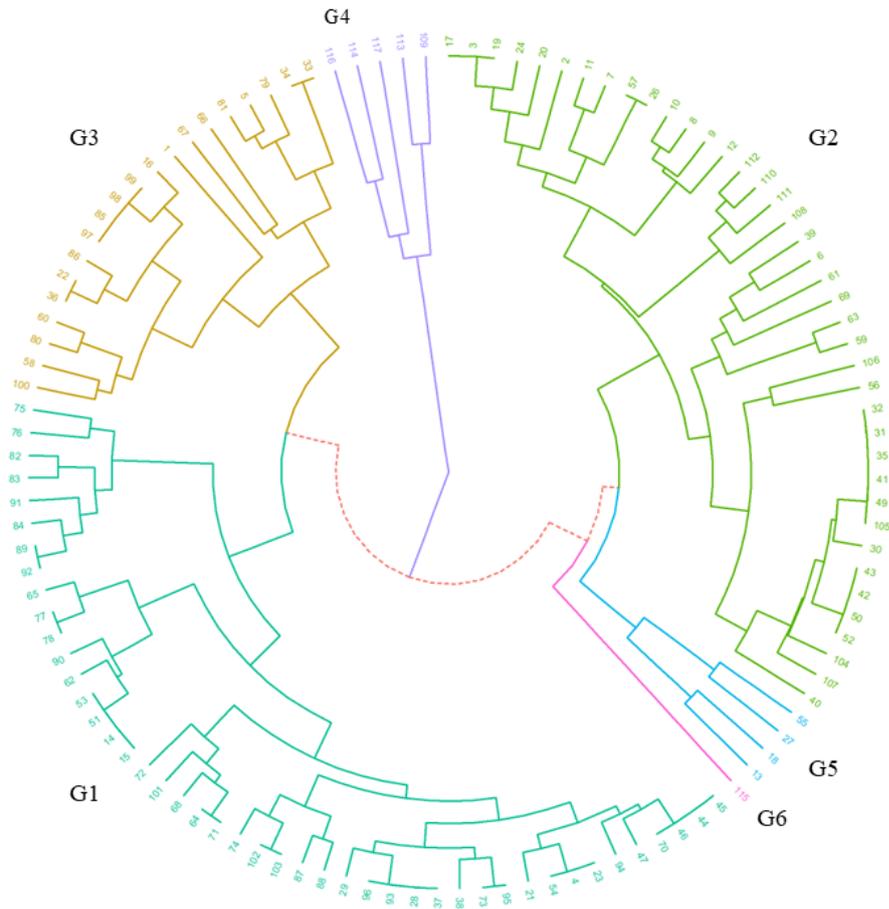


Figura 2. Dendrograma realizado a partir do método UPGMA baseado na matriz de distância genética de Rogers dos 115 genótipos de *Gliricidia sepium*.

O G2 agregou o maior número de genótipos (45) pertencentes às populações de Aracaju (51, 53, 54), Frei Paulo (62, 64, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76), Lagoa Seca (21 e 23), Nossa Senhora das Dores (28, 29, 37, 38, 77, 78, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 101, 102 e 103), Nossa Senhora da Glória (4), Petrolina (14 e 15) e Seropédica (44, 45, 46, 47). Apesar da ampla distribuição geográfica do agrupamento, houve alta similaridade genética, sugerindo que a disseminação do material teve uma origem comum.

No G1 foram agrupados 40 genótipos, oriundos de Aracaju (52 e 56), Itaporanga (107, 108, 110, 111, 112), Frei Paulo (57, 59, 61, 63, 69), Lagoa Seca (20 e 24), Nossa Senhora das Dores (26, 30, 31, 32, 35, 39, 40, 41, 104, 105, 106), Nossa Senhora da Glória (2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), Porto Velho (49 e 50), Seropédica (42, 43) e Umbaúba (17 e 19). Já o grupo amarelo incluiu 20 genótipos, abrangendo acessos de Frei Paulo (58, 60, 66, 67), Lagoa Seca (22), Nossa Senhora das Dores (33, 34, 36, 79, 80, 81, 85, 86, 97, 98, 99 e 100), Nossa Senhora da Glória (1, 5) e Petrolina (16).

Os grupos menores, roxo (G4), azul (G5) e rosa (G6), apresentaram 5, 4 e 1 genótipos, respectivamente. O G4 incluiu os genótipos 109, 113, 114, 116 e 117, todos oriundos de Itaporanga. O G5 foi composto pelos genótipos 13 (Petrolina), 18 (Umbaúba), 27 (Nossa Senhora das Dores) e 55 (Aracaju). O G6 foi formado por apenas um genótipo, o 115, proveniente de Itaporanga, e foi o mais distante geneticamente.

Por meio do dendrograma, também foi possível identificar que alguns genótipos de diferentes regiões ou acessos apresentaram alta similaridade genética, possivelmente por

práticas de manejo agrícola que favorecem a disseminação de genótipos específicos. Exemplos dessa similaridade genética foram observados entre genótipos e regiões (Tabela 6).

Tabela 6. Composição e origem dos grupos formados a partir do agrupamento UPGMA.

Grupo	Procedência	Genótipos
1	Aracaju	51, 53 e 54
	Frei Paulo	64, 70, 71, 73
	Lagoa Seca	23
	Nossa Senhora das Dores	28, 37, 77, 78, 89, 92, 93, 95, 96, 102 e 103
	Nossa Senhora da Glória	4
	Petrolina	14 e 15
	Seropédica	44, 45 e 46
2	Aracaju	52
	Frei Paulo	57
	Nossa Senhora das Dores	26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 85, 97, 98, 99 e 105
	Nossa Senhora da Glória	3
	Porto Velho	49 e 50
	Seropédica	42 e 43
	Umbaúba	17 e 19
3	Lagoa Seca	22
	Nossa Senhora das Dores	33, 34, 36, 85, 97, 98 e 99
4	Itaporanga d'Ajuda	109, 113, 114, 116 e 117
5	Petrolina	13
	Umbaúba	18
	Nossa Sra. das Dores	27
	Aracaju	55
6	Itaporanga d'Ajuda	115

A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) permitiu explicar 63,04% da variação total, com objetivo de analisar a distribuição da variabilidade genética. O primeiro componente (PCoA1) apresentou 42,82% da variação total e o segundo componente principal (PCoA2), 20,22%. Isso demonstra que os genótipos coletados de diferentes estados apresentam alta similaridade genética, dificultando a distinção com base na origem geográfica de cada genótipo (Figura 3).

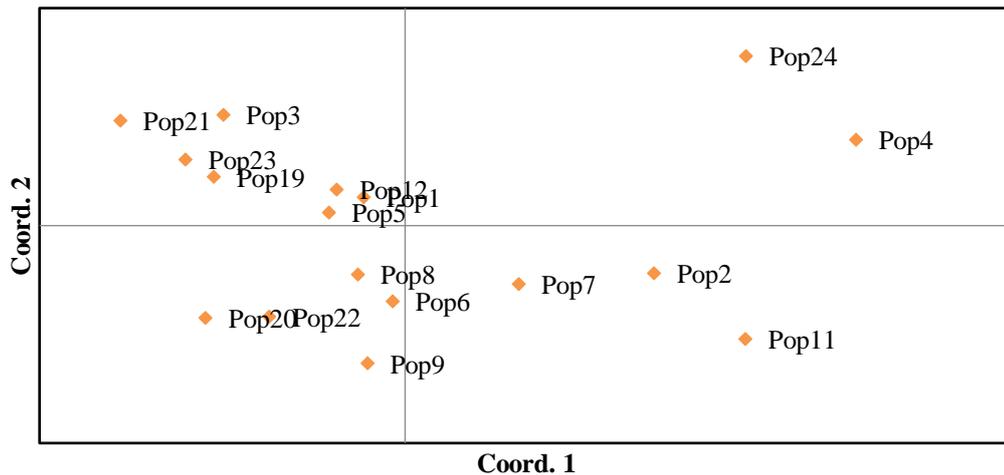


Figura 3. Análises de Coordenadas Principais (PCoA) de 115 genótipos de *Gliricidia sepium* oriundos dos estados de Sergipe, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e Roraima.

A análise bayesiana gerada pelo software Structure permitiu observar que os acessos se agruparam em dois grupos distintos (K=2) (Figura 4).

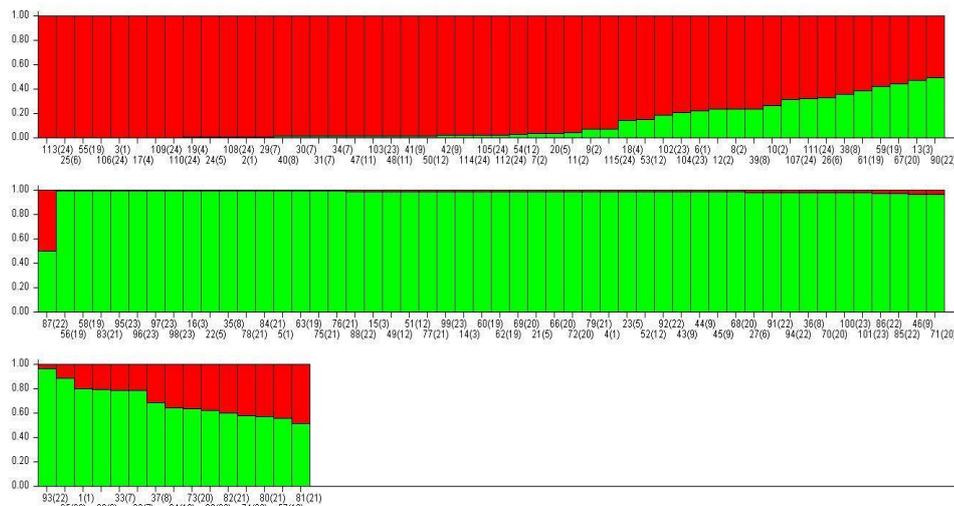


Figura 4. Representação de 17 populações com um total de 115 genótipos da análise molecular de *Gliricidia sepium* da Embrapa Tabuleiros Costeiros divididos em dois grupos (K=2) utilizando o software Structure com uso de nove marcadores ISSR. Grupo 1 (vermelho) e grupo 2 (verde).

O primeiro grupo, identificado pela cor vermelha, envolveu os genótipos das regiões de Aracaju (52, 55, 56), Itaporanga (108, 110, 111, 112, 114, 115), Lagoa Seca (20, 24), N. S. das Dores (26, 30, 31, 32, 35, 41, 104, 105), N. S. da Glória (2, 3, 7, 9, 11), Porto Velho (49, 50), Seropédica (42, 47) e Umbaúba (17, 18, 19), destacando-se a presença de todos os genótipos de Porto Velho e Umbaúba neste grupo.

Por outro lado, o grupo 2, representado pela cor verde, incluiu genótipos das regiões de Aracaju (51, 53, 54), Frei Paulo (58, 60, 62, 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74), Lagoa Seca (21, 22, 23), Itaporanga (107), N. S. das Dores (28, 36, 37, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 86, 87, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101), N. S. da Glória (1, 4, 5), Petrolina (14, 15, 16) e Seropédica (43, 44, 45, 46).

Além desses grupos principais, 28 indivíduos foram classificados com ancestralidade mista, caracterizados por valores abaixo de 80% de pertencimento. Esse grupo incluiu genótipos de N. S. da Glória (6, 8, 10, 12), Petrolina (13), N. S. das Dores (27, 29, 33, 34, 38, 39, 40, 82, 83, 84, 89, 91, 92, 106), Frei Paulo (59, 61, 63, 66, 69, 75, 76) e Itaporanga (109, 113).

Observou-se que alguns indivíduos originários de um mesmo município foram distribuídos em grupos diferentes, enquanto outros foram agrupados juntos no mesmo grupo. Os genótipos do município de Aracaju estão divididos igualmente entre os grupos 1 (50%) e 2 (50%) (Figura 5). No entanto, a maioria dos indivíduos oriundos de Frei Paulo se estabeleceu no grupo 2 (63%), enquanto o restante ficou no grupo com ancestralidade mista (37%). A distribuição entre diferentes grupos dentro de um mesmo município mostrou que, mesmo dentro de uma mesma área geográfica, pode haver diversidade genética.

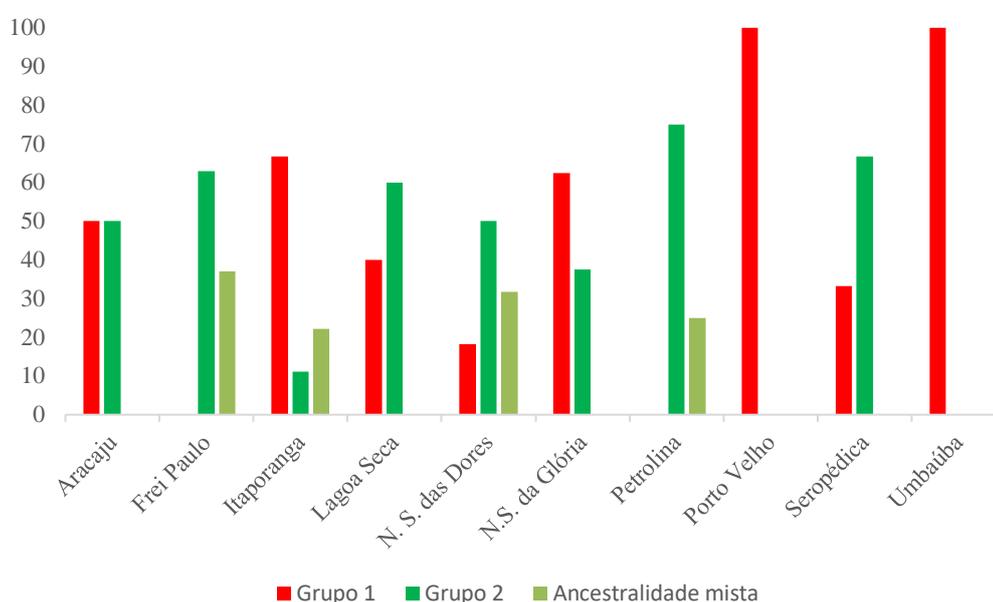


Figura 5. Porcentagem de genótipos por grupos a partir da análise do software Structure. G1 = Grupo 1, G2 = Grupo 2 e AM = Ancestralidade Mista.

Os genótipos oriundos de Itaporanga se distribuíram entre todos os grupos: grupo 1 (66,67%), grupo 2 (11,1%) e grupo misto (22,2%). Para os oriundos de N. S. das Dores, houve também distribuição entre o grupo 1 (18,18%), grupo 2 (50%) e grupo misto (31,81%). Desse modo, foi possível verificar que nesses municípios, os genótipos foram distribuídos nos dois grupos, além do grupo com ancestralidade mista, o que sugere uma maior diversidade genética dentro dessas localidades. Essa dispersão entre diferentes grupos indicou que há diversidade genética entre os indivíduos, o que pode ser resultado da variação na origem dos materiais de propagação.

Os genótipos oriundos de Lagoa Seca agruparam-se no grupo 1 (40%) e no grupo 2 (60%). Os genótipos de N. S. da Glória pertenceram, em sua maioria, ao grupo 1 (62,5%), com o restante no grupo 2 (37,5%); os de Petrolina, principalmente no grupo 2 (75%) e no grupo misto (25%); os de Seropédica, nos grupos 1 (33,3%) e 2 (66,7%). É possível observar que, em Petrolina e Seropédica, há uma predominância de genótipos no grupo 2. Isso indica que as populações genéticas desses municípios possuem maior semelhança com os genótipos do grupo 2, possivelmente em função das fontes de material genético utilizadas nessas regiões.

Finalmente, todos os genótipos oriundos de Porto Velho e Umbaúba pertencem exclusivamente ao grupo 1. Isso sugere que houve maior homogeneidade genética nessas localidades, indicando que os genótipos são semelhantes entre si. A presença exclusiva em um grupo pode refletir um isolamento genético, práticas de plantio de estacas ou uso de um número restrito de materiais de propagação.

Os grupos dos municípios de Aracaju, Frei Paulo, Itaporanga, Lagoa Seca, N. S. das Dores, N. S. da Glória, Petrolina e Seropédica apresentaram semelhanças significativas. Essa conclusão é suportada pela observação de padrões similares tanto no dendrograma (Figura 2) quanto na Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Figura 3), o que reforçou a consistência dos resultados encontrados.

5.4. Discussão

A análise da diversidade genética é essencial para programas de melhoramento genético e conservação de espécies, pois permite compreender os padrões de diversidade genética e identificar recursos genéticos valiosos para a sustentabilidade e o manejo adequado das populações (Salgotra e Chauhan, 2023). A diversidade genética de uma espécie é influenciada por vários fatores, incluindo a origem geográfica dos genótipos, padrões de dispersão, ciclo de vida, sistema de reprodução e composição genética (Castañeda-Cardona et al., 2020). Esses fatores são importantes para a adaptação das espécies e podem ser explorados em programas de melhoramento genético.

Este estudo foi o primeiro a utilizar marcadores moleculares ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) para investigar a diversidade genética de *Gliricidia sepium* no Brasil. Em estudos anteriores realizados em outros países, marcadores moleculares RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) e RFLP-PCR (Restriction Fragment Length Polymorphism) foram utilizados para avaliar a diversidade genética de espécies do gênero *Gliricidia*. Chalmers et al. (1992), no Scottish Crop Research Institute, na Escócia, e no Oxford Forestry Institute, na Inglaterra, utilizaram marcadores RAPD para investigar a distribuição e diversidade genética de populações de *G. sepium* originadas na Costa Rica, Guatemala, México, Nicarágua, Panamá, Tailândia e Venezuela, e de *G. maculata*, com origem no México. Este estudo revelou alta diversidade genética entre as populações, atribuída principalmente ao sistema de reprodução cruzada das espécies. Os resultados demonstraram, ainda, que *G. maculata* é um táxon distinto de *G. sepium*.

Na Guatemala, Dawson et al. (1995) utilizaram marcadores RAPD e marcadores mitocondriais (srRNA) para estudar uma população de *G. sepium* e observaram que 17% da variação genética estava distribuída entre subpopulações, correlacionada com a distância geográfica. Os autores sugeriram haver uma dispersão limitada de sementes e maior subdivisão genética entre as subpopulações. Em um estudo posterior, Dawson et al. (1996) investigaram a hibridização entre *G. sepium* e *G. maculata* na Mesoamérica, utilizando os marcadores moleculares RAPD e RFLP-PCR. Esse estudo evidenciou padrões de hibridização e diferenças genéticas importantes, reforçando a hipótese de que *G. sepium* possui uma estrutura genética complexa, com variações significativas dentro de suas populações, especialmente em áreas de sobreposição geográfica com *G. maculata*.

O presente estudo de diversidade genética de *G. sepium* usou nove marcadores ISSR. Esses marcadores são amplamente utilizados como uma ferramenta eficaz para caracterizar a variabilidade genética de plantas, especialmente em estudos de diversidade genética e estrutura populacional (Pimenta et al., 2022; Gelotar et al., 2019; Chagas et al., 2015; Silva et al., 2021). A partir desses nove marcadores, foram identificados 36 fragmentos de DNA, dos quais 88,9% eram polimórficos, indicando a sensibilidade e adequabilidade da metodologia para a avaliação da diversidade genética da espécie. Silva et al. (2023) utilizaram primers ISSR para avaliar a diversidade genética de *Desmanthus pernambucanus* (L.), outra espécie de leguminosa forrageira usada na alimentação animal, e encontraram 38 fragmentos de DNA

com 71,05% de polimorfismo. Assim como *G. sepium*, *D. pernambucanus* é uma espécie valorizada por sua eficiência na fixação biológica de nitrogênio, uma característica importante para a recuperação de solos degradados e produção de forragem (Freitas et al., 2011).

Os resultados do presente estudo indicaram uma baixa diversidade genética em *G. sepium*, refletida nos índices de diversidade genética de Nei, que apresentaram um valor médio de 0,213, e no índice de Shannon, com média de 0,194. A heterozigosidade esperada (He), um indicador da probabilidade de encontrar alelos diferentes em um locus genético na população, foi de 0,132, corroborando a baixa diversidade genética entre os genótipos estudados (Yassiry, 2024). Em estudo anterior, Soares et al. (2024) observaram padrões semelhantes de baixa diversidade genética em *Moringa oleifera* Lam., utilizando os mesmos primers ISSR. Para *M. oleifera*, o valor médio do índice de Shannon foi 0,16 e a heterozigosidade esperada variou entre 0,03 e 0,15. Esses resultados podem ser explicados pela origem restrita do material genético introduzido no Brasil. *M. oleifera*, assim como a *G. sepium*, possui grande interesse como alimento para os animais (Leone et al., 2015) e foi introduzida principalmente no Nordeste brasileiro na década de 50, sendo hoje bastante distribuída pelo Brasil como árvore ornamental (Rivas, Oliveira e Santos, 2013). Plantas introduzidas podem possuir uma origem restrita em material genético, o que pode justificar a baixa diversidade genética em ambas as espécies distribuídas no Brasil.

Resultados semelhantes foram obtidos por Felix et al. (2020) ao estudar *Pityrocarpa moniliformis*, uma árvore nativa do Nordeste do Brasil que, assim como a gliricídia, é utilizada como forragem para a alimentação animal, recuperação de áreas degradadas e lenha (Azerêdo, Paula e Valeri, 2011). Para *P. moniliformis*, foram observados valores médios para os índices de diversidade genética de Nei e de Shannon de 0,138 e 0,21, respectivamente. Esse estudo também utilizou primers ISSR e os baixos níveis de diversidade genética foram atribuídos à reprodução limitada e à estrutura populacional fragmentada.

No entanto, outra espécie nativa, a *Hymenaea stigonocarpa*, da mesma família de *G. sepium*, apresentou níveis elevados de diversidade genética em acessos do BAG da Universidade Federal de Goiás. Um estudo que investigou 24 subpopulações naturais de *H. stigonocarpa* no Cerrado, utilizando marcadores SSR, encontrou uma heterozigosidade esperada média de 0,554 (Gonçalves et al., 2019). A alta diversidade genética encontrada em *H. stigonocarpa* foi atribuída ao ambiente diversificado do Cerrado e ao fluxo gênico contínuo entre populações de origem, o que contrasta com a base genética restrita frequentemente observada em espécies introduzidas.

Os resultados indicaram que a maior parte da diversidade genética de *G. sepium* (73%) está presente dentro dos acessos. Isso pode ser explicado pelo fato de os genótipos terem sido obtidos por meio de propagação vegetativa, através de estacas. Nesse processo, não ocorre polinização cruzada, o que geralmente limita a diversidade genética. No entanto, a variabilidade observada dentro dos acessos pode ser resultado da origem genética dos materiais de propagação utilizados. Segundo Hu et al. (2010), para populações de espécies perenes que se reproduzem por polinização cruzada, é esperado que a maior diversidade ocorra dentro dos acessos. Essa característica pode justificar a baixa diversidade genética observada nos genótipos de *G. sepium* analisados, tendo em vista que a *G. sepium* é uma planta autoincompatível e forma frutos somente em polinização cruzada (Kill e Drumond, 2001).

A análise de agrupamento utilizando o método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) revelou seis grupos principais de genótipos de *G. sepium*, indicando uma similaridade genética entre eles. No entanto, o genótipo 115 foi uma exceção, formando um grupo único devido à sua diferença genética. Estudos de estrutura genética realizados em outras espécies conservadas em Bancos de Germoplasma também identificaram padrões de agrupamento restritos, como observado por Soares et al. (2024) para *M. oleifera*.

A análise da estrutura genética da população de *G. sepium* indicou que o valor ideal de K foi igual a dois, sugerindo que os genótipos formam dois grupos principais. O grupo 1

inclui genótipos de várias regiões, como Aracaju, Itaporanga, Lagoa Seca, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Porto Velho, Seropédica e Umbaúba, enquanto o grupo 2 é composto por genótipos de localidades como Aracaju, Frei Paulo, Itaporanga, Lagoa Seca, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Petrolina e Seropédica. Além disso, 28 genótipos apresentaram ancestralidade mista, sugerindo uma maior diversidade genética em municípios como Itaporanga e Nossa Senhora das Dores, onde há uma distribuição de genótipos entre os dois grupos. Esses resultados sugerem que a diversidade genética dos genótipos pode estar relacionada à origem do material de plantio e reforçam a necessidade de estratégias de conservação que considerem essa estrutura populacional (Gibson et al., 2023).

As informações obtidas a partir do dendrograma podem ser usadas como indicadores na escolha de genótipos com maior diversidade genética, com o objetivo de desenvolvimento de novas cultivares com características desejáveis, como maior resistência a estresses abióticos ou potencial de fixação de nitrogênio. Assim, este estudo contribui para a compreensão da diversidade genética de *G. sepium* e fornece informações importantes para a conservação e o melhoramento genético da espécie.

Com base nos dados apresentados, a análise genética dos 115 genótipos de *G. sepium* revelou a formação de dois grupos principais, além de um grupo com ancestralidade mista. Essa distribuição genética, associada à baixa diversidade observada pelos índices de Nei e Shannon, sugere que a maior parte da variabilidade genética está dentro das populações e não entre elas. Esses resultados indicam que o uso de um número limitado de materiais de propagação pode estar influenciando a homogeneidade genética em certas regiões. Esses dados podem contribuir para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético da espécie, podendo ser utilizados em futuros estudos e no melhoramento de *G. sepium*, visando a obtenção de uma nova cultivar para auxiliar os agricultores e promover maior sustentabilidade agrícola.

5.5. Referências Bibliográficas

- Andrade BMS, Souza SF, Santos CMC, Medeiros SS, Mota PSS, Curado FF. 2015. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em sistemas agropecuários sustentáveis. *Scientia plena*, 11:1-7.
- Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV. 2011. Determining the viability of *Piptadenia moniliformis* Benth seeds with the tetrazolium test. *Journal of Seed Science*, 33:61-68. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100007>
- Azevedo, A. 2021. Análise Multivariada: Pacote Para Análise Multivariada. Pacote R versão 0.4.4.
- Castañeda-Cardona CC, Morillo-Coronado Y, Morillo AC. 2020. Assessing the genetic diversity of *Dioscorea alata* and related species from Colombia through inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. *Chilean journal of agricultural research*, 80:608–616, 2020. 10.4067/S0718-58392020000400608
- Chagas KPT, Sousa RF, Fajardo CG, Vieira FA. Seleção de marcadores ISSR e diversidade genética em uma população de *Elaeis guineensis*. 2015. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10:147-152. 10.5039/agraria.v10i1a5133.
- Chalmers KJ, Waugh R, Sprent JI, Simons AJ, Powell W. 1992. Detection of genetic variation between and within populations of *Gliricidia sepium* and *G. maculata* using RAPD markers. *Heredity*, 69:465–472. 10.1038/hdy.1992.151
- Dawson IK, Simons AJ, Waugh R, Powell W. 1995. Diversity and genetic differentiation among subpopulations of *Gliricidia sepium* revealed by PCR-based assays. *Heredity*, 74: 10-18. 10.1038/hdy.1995.2.
- Dawson IK, Simons AJ, Waugh R, Powell W. 1996. Detection and pattern of interspecific hybridization between *Gliricidia sepium* and *G. maculata* in Meso-America revealed by PCR-based assays. *Molecular Ecology*, 5:89–98. doi: 10.1111/j.1365-294x.1996.tb00294.x

- Doyle JJ, Doyle JL. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12:13-15.
- Edvan RL, Carneiro MSS, Magalhães JÁ, Albuquerque DR, Silva MSM, Bezerra LR, Oliveira RL, Santos EM. 2014. The forage yield of *Gliricidia sepium* during the rainy and dry seasons following pruning management in Brazil. *Ciencia e investigación agraria*, 41:5–6. 10.4067/S0718-16202014000300003
- Edvan RL, Carneiro MSS, Silva EB, Albuquerque DR, Pereira ES, Bezerra LR, Silva AL, Araújo MJ. 2016. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. *Archivos de Zootecnia*, 65:163–169.
- Evanno G, Regnaut S, Goudet J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14:2611–2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- Felix FC, Chagas KPT, Ferraris CS, Vieira FA, Pacheco MV. 2020. Applications of ISSR markers in studies of genetic diversity of *Pityrocarpa moniliformis*. *Revista Caatinga*, 33: 1017–1024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n417c>
- Freitas ADS, Silva TO, Menezes RSC, Sampaio EVSB, Araújo ER, Fraga VS. 2011. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:1856-1861. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900003>
- Gelotar MJ, Dharajiya DT, Solanki SD, Prajapati NN, Tiwari KK. 2019. Genetic diversity analysis and molecular characterization of grain amaranth genotypes using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *Bulletin of the National Research Centre*, 43:103. doi: <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0146-2>
- Gibson EL, Gonçalves EO, Silva Júnior AL, Santos AR, Araújo EF, Miranda FD, Pezzopane JEM. 2023. Molecular characterization of *Melanoxylon brauna* (Fabaceae) matrices established in a multiclonal minigarden. *Plant Gene*, 35:100428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2023.100428>
- Gonçalves AR, Chaves LJ, Telles MPC. 2019. Genetic variability and effective population size in *Hymenaea stigonocarpa* (Fabaceae) germplasm collection: tools for breeding programs and genetic conservation. *Genetica*, 147:359–368. <https://doi.org/10.1007/s10709-019-00076-0>
- Hu Y, Wang L, Xie X, Yang J, Li Y, Zhang H. 2010. Genetic diversity of wild populations of *Rheum tanguticum* endemic to China as revealed by ISSR analysis. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38:264–274. 10.1016/j.bse.2010.01.006
- Kaba JS, Zerbe S, Agnolucci M, Scandellari F, Abunyewa AA, Giovannetti M, Tagliavini M. 2019. Atmospheric nitrogen fixation by gliricidia trees (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) intercropped with cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Plant and Soil*, 435:323–336. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3897-x>
- Kill LHP, Drumond MA. 2001. Floral biology and reproductive system of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae-Papilionoidae) in region of Petrolina, Pernambuco state, Brazil. *Ciência Rural*, 31:597-601. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400006>
- Leone A, Spada A, Battezzati A, Schirald A, Sristil J, Bertoli S. 2015. Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves: An Overview. *International Journal of Molecular Science*, 16:12791–12835. <https://doi.org/10.3390/ijms160612791>.
- Li YL, Liu JX. 2018. Structure Selector: A web based software to select and visualize the optimal number of clusters using multiple methods. *Molecular Ecology Resources*, 18:176–177. 10.1111/1755-0998.12719
- Marsetyo, Sulendre IW, Takdir M, Harper KJ, Poppi DP. 2021. Formulating diets based on whole cassava tuber. *Animal Production Science*, 61:761–769. <https://doi.org/10.1071/AN20297>
- Nei M. Analysis of Gene Diversity in Subdivided Populations. 1973. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70:3321-3323.

- 10.1073/pnas.70.12.3321
- Ordoñez CM, Rangel JO. 2020. Composición florística y aspectos de la estructura de la vegetación en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L. - Malvaceae) en el departamento del Huila, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44:1033–1046. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1183>
- Peakall R, Smouse PE. 2012. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics*, 28:2537–2539. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460>
- Pérez-Almario NP, Delgado JM, Cruz DC, Bazurto CTC, Turriago JMM, Franco OEO. 2023. Relative palatability of woody forage species from the tropical dry forest using a cafeteria method. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 11: 145–159. 10.17138/TGFT(11)145-159
- Pimenta JMA, Felix FC, Araújo JSO, Fajardo CG, Pacheco MV. 2022. Selection of ISSR molecular primers for studies of genetic diversity in *Handroanthus impetiginosus* (MART. EX DC.) Mattos. *Revista Caatinga*, 35:231–238. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252022v35n124rc>
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics Society of America*, 155:945-959. <https://doi.org/10.1093/genetics/155.2.945>
- Rahman MA, Das AK, Saha SR, Uddin MM, Rahman MM. 2019. Morpho-physiological Response of *Gliricidia sepium* to Seawater-induced Salt Stress. *The Agriculturists*, 17:66–75. 10.3329/agric.v17i1-2.44697
- Ricci MSF, Cochetto Junior DG, Almeida FFD. 2013. Microweather conditions, phenology and external morphology of coffee trees in shaded and full sun systems. *Coffee Science*, 8:379-388.
- Rivas R, Oliveira MT, Santos MG. 2013. Three cycles of water deficit from seed to young plants of *Moringa oleifera* woody species improves stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 63:200–208. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.026>
- Sá MKN, Andrade AP, Magalhães ALR, Valença RL, Campos FS, Araújo FS, Araújo G GL. 2021. Cactus pear silage with *Gliricidia Sepium*: food alternative for the semiarid region. *Research, Society and Development*, 10:e27210212473. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12473>
- Salgotra RK, Chauhan BS. 2023. Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes*, 14:174. <https://doi.org/10.3390/genes14010174>
- Santana Neto JÁ, Oliveira VS, Valença RD. 2015. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no semiárido - revisão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 14:191-200.
- Silva HW, Santos AT, Perego PE, Godinho AMM. 2021. Produção de farelo de gliricídia para alimentação de ruminantes. *Interação*, 21:629–644 10.53660/inter-120-S220
- Soares TFSN, Góis, IB, Souza JL, Ledo AS, Muniz EN, Silva AVC. 2024. *Moringa oleifera* Genebank in Brazil: current status and future approaches. *Scientia Agricola*, 81:XXX.
- Villanueva-López G, Zurimendi PM, Avilés LR, Aryal DR, Lugo FC. 2016. Live fences reduce the diurnal and seasonal fluctuations of soil CO₂ emissions in livestock systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 36:23. 10.1007/s13593-016-0358-x
- Yassiry ZA. 2024. Detection of Genetic Diversity of *Vicia faba* L Using ISSR DNA Markers. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*, 32:279–290. 10.29196/967gj564
- Zahawi RA. 2005. Establishment and Growth of Living Fence Species: An Overlooked Tool for the Restoration of Degraded Areas in the Tropics. *Restoration Ecology*, 13:92–102. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00011.x>

6. ARTIGO 3

BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE GLIRICÍDIA DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS: ANO 1

RESUMO

Este estudo traz dados sobre a implementação e a caracterização inicial do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia (BAG Gliricídia), no campo experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Umbaúba-SE. Foram coletados 14 acessos de *Gliricidia sepium* em cinco estados brasileiros. As estacas foram propagadas em estufa e transplantadas para campo, com avaliações de características morfológicas e agrônômicas, como altura, diâmetro do caule e vigor, com médias de 3,08 m, 22,11 cm e 62%, respectivamente. As taxas de sobrevivência variaram entre 16% e 100%, com os genótipos de Itaporanga D'Ajuda apresentando maior similaridade e os de Petrolina destacando-se pela dissimilaridade fenotípica. As análises fenotípicas indicaram diversidade genética significativa, útil para programas de melhoramento genético. Fatores ambientais, como alta umidade, ataques de formigas e incidência do fungo *Colletotrichum spp.*, também influenciaram os resultados, destacando a necessidade de práticas integradas de manejo.

Palavras-chave: Fabaceae, recursos genéticos, forrageira tropical.

6.1. Introdução

Um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) é uma coleção de acessos regularmente utilizada para pesquisa, conservação, caracterização, avaliação e uso (Barbieri *et al.*, 2005). Os BAGs são essenciais na proteção contra a erosão genética, na caracterização dos genótipos e na conservação de fontes de genes para utilização atual ou futura (Barbieri *et al.*, 2006).

Dentre as funções do BAG, estão incluídas as etapas iniciais de identificação, aquisição, exploração e coleta. A identificação visa a seleção e catalogação de diferentes acessos, enquanto a aquisição refere-se ao processo de obtenção de novos acessos, seja em coletas em campo ou pelo intercâmbio com outros bancos de germoplasma, pesquisadores e agricultores. A exploração e coleta consistem na realização de expedições para a amostragem do germoplasma em diversas regiões geográficas, representando a variabilidade da espécie. As etapas seguintes envolvem a manutenção, multiplicação e rejuvenescimento do banco de germoplasma. A manutenção consiste nas práticas necessárias para preservar a viabilidade das amostras de germoplasma a longo prazo. Por fim, etapas de caracterização, avaliação, documentação e intercâmbio do banco de germoplasma garantem a aplicação dos acessos com diversas finalidades (Paiva *et al.*, 2019).

A caracterização envolve a análise detalhada dos acessos e permite a identificação de características relevantes para programas de melhoramento genético e uso comercial das plantas. A documentação refere-se ao registro de todas as informações relevantes sobre os acessos, incluindo dados de caracterização, avaliação e manutenção, com os registros mantidos em bancos de dados, essenciais para a gestão eficiente do banco de germoplasma. O intercâmbio de acessos fornece material genético para pesquisadores, agricultores e instituições para a disseminação da diversidade genética e suporte a projetos de pesquisa e programas de melhoramento vegetal (Borém e Miranda, 2013).

Além disso, é interessante realizar estudos sobre a divergência genética da espécie. De acordo com Oliveira (2000), pesquisas sobre divergência genética entre acessos de uma cultura são fundamentais para avaliar a variabilidade genética na coleção de um programa de melhoramento, identificar materiais geneticamente semelhantes ou duplicados, e oferecer critérios para a seleção de genitores geneticamente distintos. Essa escolha estratégica de

genitores permite maximizar o efeito heterótico nas populações diferentes geneticamente, trazendo ganhos significativos em vigor e produtividade.

Realizar estudos sobre a caracterização morfológica contribui para a preservação da espécie e também permite conhecer melhor o material vegetal estudado. Ramos e Queiroz (1999) dizem que essa caracterização fornece uma identidade a cada acesso por meio da análise de diversos dados morfológicos, possibilitando o estudo da variabilidade genética presente em cada amostra.

Estudos de caracterização morfológica e agrônômica dos genótipos presentes em bancos de germoplasma têm o objetivo de apoiar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, contribuindo, assim, para enfrentar os desafios da cultura (Ferraz *et al.*, 2016). É uma caracterização mais acessível e econômica para quantificar a diversidade morfológica (Ribeiro *et al.*, 2019), tornando essa caracterização uma ferramenta essencial para avaliar a diversidade de uma espécie (Braga *et al.*, 2017).

Além disso, a caracterização química de recursos genéticos vegetais contribui para a valorização e aplicação sustentável de plantas em diversas indústrias. A análise bromatológica é a ciência que estuda os alimentos (Rodrigues, 2010). É utilizada para a determinação da qualidade nutricional e faz uso de metodologias tradicionais e amplamente reconhecidas para a avaliação de alimentos destinados a animais, sendo utilizada tanto em instituições de ensino e pesquisa quanto em laboratórios privados ao redor do mundo (Barrocas *et al.*, 2017).

Logo, a caracterização bromatológica e morfoagronômica é um importante recurso para identificar cultivares com características comerciais atrativas, alinhadas às necessidades de mercado (Schwarz *et al.*, 2013). Além disso, a avaliação desses aspectos é relevante para determinar a dissimilaridade genética entre as variedades, o que contribui substancialmente para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético da espécie (Costa *et al.*, 2018).

Entre as espécies de interesse para conservação e melhoramento vegetal no Brasil, tem-se a *G. sepium*, uma leguminosa de porte arbóreo, conhecida popularmente como gliricídia. Esta espécie, nativa da Mesoamérica (Hughes, 1987), atinge uma altura de 12 a 15 metros (Araújo Filho, 2012). Cultivada em diversos países tropicais, a gliricídia é uma planta importante por suas características com múltiplas utilidades (Drumond e Filho, 1999).

Diversos estudos demonstram a eficácia e o potencial para a agricultura da *G. sepium*. Na alimentação animal tem sido utilizada com sucesso para coelhos de engorda (María *et al.*, 2021), frangos de corte (Silva *et al.*, 2019), bovinos (Vieira *et al.*, 2023) e ovinos (Sá *et al.*, 2021). Na área da saúde, a planta apresenta atividades gastroprotetoras atribuídas ao efeito anti-inflamatório e reparador de tecidos proporcionado pelo óxido de zinco presente em seu tronco (Wafaey *et al.*, 2024). Além disso, possui efeitos antioxidantes e antimicrobianos (Abdulaziz *et al.*, 2019) e cicatrizantes de feridas em ratos a partir das folhas de *G. sepium* (Aulanni'am *et al.*, 2021).

A *G. sepium* também é eficaz na restauração da fertilidade do solo, atuando como serrapilheira (Meshram *et al.*, 2020) ou cobertura morta para a redução do crescimento de plantas daninhas (Santos *et al.*, 2020). Além disso, é empregada na melhora do solo por meio da fixação biológica de nitrogênio. Pode ser cultivada em consórcio integrado com milho ou em sistemas agrossilviculturais (Figueiredo *et al.*, 2023). Em comunidades rurais, é utilizada como cercas-viva e para proporcionar sombra às plantações, além de sua madeira ser relevante para combustível e construção (Dawson *et al.*, 1995).

Estudos realizados em Sergipe utilizando a *G. sepium* trazem informações importantes sobre o potencial e a importância desta planta aos pequenos produtores. Andrade *et al.* (2015) investigaram a utilização da *G. sepium* em Sistemas Agropecuários Sustentáveis em regiões semiáridas para produção de forragem de baixo custo e alto valor nutricional. A *G. sepium* foi implementada em 22 sistemas em Alagoas e Sergipe, mostrando bom desenvolvimento e aceitação pelos animais, resultando em aumento significativo na produção de leite, engorda de cordeiros e melhorias na produção de grãos e raízes, como relatado pelos produtores.

Santana *et al.* (2019) avaliaram o efeito do tempo de fermentação nas características qualitativas e químicas da silagem de *G. sepium* no Agreste Sergipano, usando mini silos de PVC com cinco tempos de abertura (7, 14, 30, 42 e 60 dias). Os resultados mostraram que a produção de ácido láctico e o nitrogênio amoniacal aumentaram com o tempo de fermentação e o pH diminuiu. Dessa forma, a fermentação preservou as características bromatológicas da *G. sepium*, tornando-a uma fonte alimentar adequada para animais após 60 dias de fermentação, sem impactos significativos em outras variáveis químicas e frações proteicas.

Também foram avaliados os indicadores químicos de qualidade do solo em diferentes aplicações da *G. sepium* nos sistemas adensado e consorciado, destacando sua alta produção de biomassa rica em nutrientes. O estudo foi realizado em seis municípios de Sergipe e analisou a matéria orgânica, pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, sódio e micronutrientes do solo. Os resultados mostraram que o sistema adensado, com apenas *G. sepium*, apresentou melhores características químicas do solo em comparação ao sistema consorciado e ao controle, indicando que a *G. sepium* pode melhorar a qualidade do solo e contribuir significativamente para sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Delfino *et al.*, 2018).

Devido às diversas aplicações potenciais da espécie e em resposta às demandas atuais e futuras de conservação e utilização sustentável da *G. sepium*, criou-se o Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* (BAG Gliricídia). Este estudo apresenta a implementação do BAG Gliricídia no campo experimental de Umbaúba da Embrapa Tabuleiros Costeiros, com indivíduos coletados nos estados da Paraíba (Lagoa Seca), Pernambuco (Petrolina), Rio de Janeiro (Seropédica), Rondônia (Porto Velho) e Sergipe (Frei Paulo, Itaporanga, N. S. das Dores, N. S. da Glória e Umbaúba). Assim, o objetivo do presente trabalho foi registrar a implantação e caracterizar esse germoplasma em seu primeiro ano.

6.2. Material e Métodos

Para a implementação do Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* (BAG Gliricídia), foram coletadas estacas de 14 localidades, com 6 plantas por população (Tabela 1).

Tabela 1. Codificação, procedência, data de introdução e número de indivíduos para composição inicial do Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba – SE, 2024.

Acesso	Procedência	Data de introdução	Número de indivíduos
BG1	N. S. da Glória/SE		6
BG2	N. S. da Glória/SE		6
BG3	Petrolina/PE		6
BG4	Umbaúba/SE		6
BG5	Lagoa Seca/PB		6
BG6	N. S. das Dores/SE		6
BG7	N. S. das Dores/SE		6
BG8	N. S. das Dores/SE		6
BG9	Seropédica/RJ		6
BG10	Rondônia/RO		6
BG11	Frei Paulo/SE		6
BG12	Frei Paulo/SE		6
BG13	Frei Paulo/SE		6
BG14	Itaporanga/SE		6
TOTAL			84

Os materiais vegetais, na forma de estacas das plantas matrizes, foram coletados diretamente nos locais ou enviados de outras instituições de ensino e pesquisa, por meio do intercâmbio de acessos. Todas as amostras foram registradas no sistema Alelo Vegetal da Embrapa. As estacas foram propagadas entre fevereiro e maio de 2023, na sede da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Aracaju, Sergipe, em recipientes plásticos de 8 L. Estas foram mantidas em estufa coberta com sombrite de 50% e irrigadas por aspersão automatizada por um período de 4 a 6 meses para o enraizamento das estacas (Figura 1).



Figura 1. Mudas de *G. sepium* aos cinco meses de plantio, produzidas em recipientes plásticos (A) e (B) e mantidas em estufa coberta. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE, 2023. Fotos: Samuel Figueiredo de Souza.

Em agosto de 2023, as plantas foram transplantadas para o Campo Experimental de Umbaúba, pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros (Figura 2). O solo é do tipo Podzólico Acinzentado eutrófico, com fragipan Tb A fraco, textura média/argilosa, fase floresta subperenifólia e com relevo plano (Cintra, 1997). O clima é quente e úmido, do tipo As', conforme a classificação de Köppen (clima tropical chuvoso, com verão seco), com altitude de 109 m. A análise do solo foi realizada em março de 2024 e os resultados constam na Tabela 2.

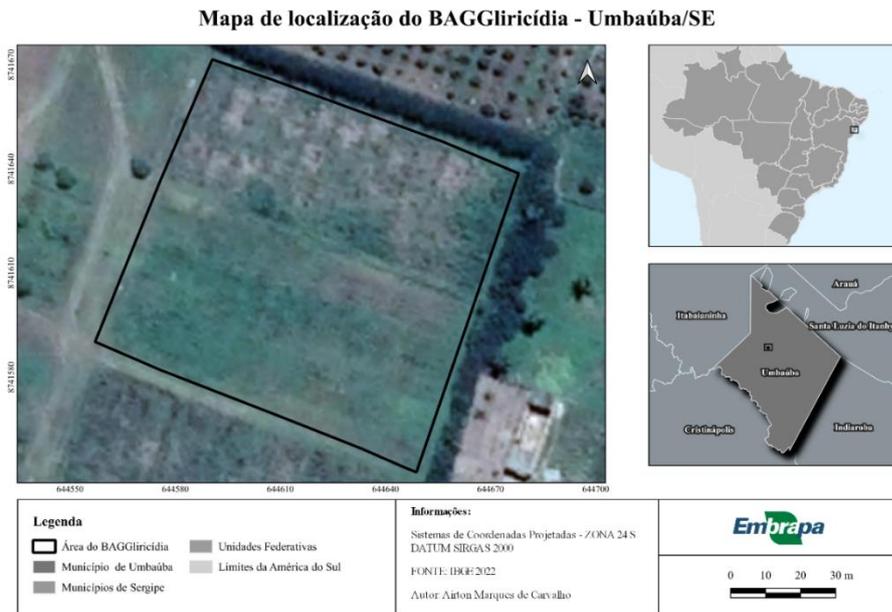


Figura 2. Mapa de localização do Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* (BAG Glicídia), no Campo Experimental de Umbaúba - SE, pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Tabela 2. Análise de fertilidade de solos da área do Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba – SE, 2024.

M.O. g.Kg ⁻¹	pH H ₂ O	Ca mmolc.dm ⁻³	Mg mmolc.dm ⁻³	H ⁺ Al mmolc.dm ⁻³	Al mmolc.dm ⁻³	P mg.d m ⁻³	K	Na
15,61	5,45	19,32	10,99	65,73	0,19	12,40	64,24	5,09

Para o plantio das mudas, utilizou-se uma área de 420 m², com possibilidade de expansão para 1500 m². O solo foi preparado mecanicamente, com uma aração e duas gradagens. As covas foram abertas com dimensões de 30 cm x 25 cm (profundidade x largura). A adubação inicial seguiu uma recomendação padrão aplicando-se 40 g de superfosfato simples em cada cova. O espaçamento utilizado foi de 5 m entre fileiras e 10 m entre plantas da mesma linha. A irrigação foi manual, com a utilização de mangueiras, principalmente durante os primeiros seis meses após o transplante.

A manutenção e tratos culturais incluíram a adubação anual com potássio (K), aplicando 2,5 kg de K₂O por planta, e controle semestral de plantas daninhas com roçadeira mecanizada. A irrigação ocorreu durante os primeiros seis meses após o plantio. Sementes serão coletadas anualmente e armazenadas em câmaras frias para conservação. Os cortes anuais serão feitos somente a partir do estabelecimento da espécie. O ciclo reprodutivo completo será avaliado desde a floração até a etapa de produção de sementes.

As avaliações semestrais anuais de todos os acessos tiveram início em fevereiro de 2024 e foram caracterizados quanto à morfologia e aos aspectos botânicos relacionados ao crescimento e desenvolvimento (Tabela 3).

Tabela 3. Características morfológicas e botânicas avaliadas em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Glicídia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Umbaúba, SE.

Característica	Tipos
Formato da copa	Esférica e Oblongo
Vigor	Forte, intermediário e fraco
Hábito de crescimento	Arbóreo

Tipo de ramificação	Intermediária
Superfície do tronco	Liso
Formato da folha	Imparipenada
Formato do folíolo	Elíptica
Textura foliar	Maleável
Posição da inflorescência	Todo o galho
Hábito de frutificação	Frutificação caulifora
Formato do fruto	Vagens chatas

As características de crescimento avaliadas foram: a) altura da planta (h), determinada com o uso de clinômetro em plantas mais altas ou trena de madeira nas mais baixas, expressa em metros; b) diâmetro do caule a 30 cm do solo.

Os dados foram apresentados através de estatística descritiva, utilizando o Microsoft Excel[®]. Para gerar o dendrograma de distância fenotípica, foi utilizado o pacote ‘ggdendro’ (Vries *et al.*, 2024) no software R (R Core Team, 2024).

6.3. Resultados e Discussão

O BAG foi inicialmente formado com 57 plantas, que representaram 14 acessos (Figura 3). A taxa de sobrevivência após o plantio em campo variou de 16 a 100% (Tabela 4).



Figura 3. Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium* da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba, SE. Fevereiro de 2024. Foto: Ana Veruska Cruz da Silva.

Tabela 4. Percentual de sobrevivência (%) e valores médios de características de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) dos acessos que compõem o Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium*, Umbaúba, SE.

Acesso	Procedência	Número de indivíduos	% de sobrevivência aos seis meses após plantio	% de sobrevivência aos 12 meses após plantio
BG1	N. S. da Glória/SE	6	100	100
BG2	N. S. da Glória/SE	6	100	100
BG3	Petrolina/PE	4	66	66

BG4	Umbaúba/SE	3	50	50
BG5	Lagoa Seca/PB	4	66	66
BG6	N. S. das Dores/SE	4	66	66
BG7	N. S. das Dores/SE	6	100	100
BG8	N. S. das Dores/SE	2	33	33
BG9	Seropédica/RJ	5	83	83
BG10	Rondônia	2	33	33
BG11	Frei Paulo/SE	4	66	66
BG12	Frei Paulo/SE	1	16	16
BG13	Frei Paulo/SE	4	66	66
BG14	Itaporanga/SE	6	100	100
TOTAL		57	67.5	67.5

Os acessos com menor número de indivíduos sobreviventes foram BG12 (16%), BG10 e BG8 (ambos com 33%), oriundos de Frei Paulo, Rondônia e N. S. das Dores, respectivamente. Os demais indivíduos apresentaram uma taxa de sobrevivência entre 50 e 100% (Tabela 4). Além das diferenças na adaptabilidade de cada acesso à conservação *ex situ*, o menor índice de sobrevivência do acesso BG12 pode ter ocorrido devido ao ataque de formigas e incidência de fungos na área.

Tabela 5. Valores médios das características de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) e desenvolvimento (inflorescência e frutificação) dos acessos que compõem o Banco Ativo de Germoplasma de *G. sepium*, Umbaúba, SE.

Acesso	Procedência	Altura da planta (m)	Diâmetro do caule (cm)	Presença de flores	Presença de frutos
BG1	N. S. da Glória/SE	3,13	21,567	Sim	Não
BG2	N. S. da Glória/SE	3,46	25,6	Sim	Sim
BG3	Petrolina/PE	3,28	26,35	Sim	Sim
BG4	Umbaúba/SE	3,25	24,967	Sim	Sim
BG5	Lagoa Seca/PB	3,75	21,8	Sim	Não
BG6	N. S. das Dores/SE	3,67	20,675	Sim	Sim
BG7	N. S. das Dores/SE	3,067	21,467	Sim	Sim
BG8	N. S. das Dores/SE	3,07	20,05	Sim	Sim
BG9	Seropédica/RJ	3,16	22,8	Sim	Sim
BG10	Rondônia	3,1	24,1	Sim	Sim
BG11	Frei Paulo/SE	3,537	20,65	Sim	Sim
BG12	Frei Paulo/SE	4,25	24,1	Sim	Não
BG13	Frei Paulo/SE	2,85	20,325	Sim	Sim
BG14	Itaporanga/SE	2,575	15,167	Não	Não
TOTAL		3,08	22,11	92,8%	78,57%

A altura das plantas variou de 2,575 m, indivíduo \ transplantado depois dos demais, a 4,25 m. O menor valor encontrado foi no acesso BG14 e o valor máximo no indivíduo do acesso BG12. A média foi de 3,08 m, com desvio padrão de 0.326 e coeficiente de variância menor de 0.046, demonstrando homogeneidade dos acessos. Todos os acessos, exceto o BG14, continham plantas com presença de flores. As plantas com mais flores tinham menor

número de folhas, o que é uma característica da espécie. A presença de vagens apresentou uma variação maior entre os acessos (78,57%). Isso pode ocorrer porque alguns acessos possuíam um vigor maior, ou seja, melhor aparência e desenvolvimento do que os demais acessos, o que explica a ausência de flor e vagens em algumas plantas, apesar de desenvolvidas (Tabela 5).

Foi possível observar que os diâmetros do caule, no geral, eram uniformes, variando de 15,167 cm (BG14) a 26,35 cm (BG3). Logo, é possível verificar uma uniformidade do crescimento das plantas apesar de pertencerem a diferentes acessos.

De acordo com a Figura 4, é possível observar que os genótipos de Petrolina e de N. S. da Glória 2 se destacaram no tamanho da circunferência do caule. Os genótipos de Itaporanga D'Ajuda apresentaram o menor tamanho dessa característica, o que pode ser atribuído ao fato de o plantio ter sido realizado após a implementação do BAG. Assim, os genótipos com os menores valores foram N. S. das Dores 3 (20,05 cm), N. S. das Dores 1 (20,1 cm) e Frei Paulo 3 (20,2 cm).

Para a altura, os genótipos de N. S. da Glória 2 (3,95 m) e Lagoa Seca (3,92 m) apresentaram os maiores valores. Os menores valores para essa característica foram observados nos genótipos de Itaporanga (2,97 m), Frei Paulo 3 (3,03 m) e Rondônia (3,1 m).

Por último, os maiores valores encontrados para a variável copa foram observados no genótipo de Petrolina, com 6,6 m, destacando-se dos demais genótipos nessa característica. Os menores valores foram verificados nos genótipos de Itaporanga (3,5 m), N. S. das Dores 3 (4,25 m) e Rondônia (4,64 m).

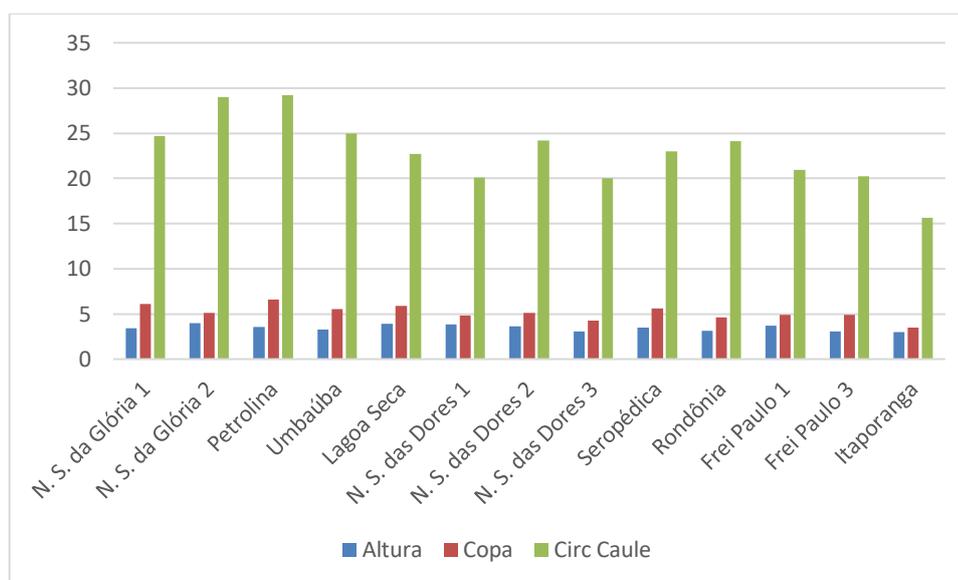


Figura 4. Médias das características fenotípicas dos genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Tabela 6. Percentuais observados nas características morfológicas em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Umbaúba, SE.

Característica	Tipos observados
Formato da copa	Esférica e Oblongo
Vigor	Forte (12%), intermediário (62%) e fraco (26%)
Hábito de crescimento	Arbóreo
Tipo de ramificação	Intermediária
Superfície do tronco	Liso
Formato da folha	Imparipenada
Textura foliar	Maleável
Pilosidade foliar	Não possui

Posição da inflorescência	Todo o galho
Hábito de frutificação	Frutificação caulifora
Formato do fruto	Vagens chatas

O vigor das plantas teve uma variação, sendo que a maioria das plantas apresentou vigor intermediário com (62%), seguida do vigor fraco (26%) e forte (12%). Os acessos que apresentaram o maior número de plantas com vigor fraco foram os BG6 com 50% dos indivíduos, BG7 com 66,67% dos indivíduos e BG8 com 100% dos indivíduos. Plantas com vigor forte foram mais observadas no acesso BG1 com 66,67% dos indivíduos. Ao analisar as demais características, verificou-se que há uma uniformidade entre os acessos, sendo o vigor das plantas a principal diferença observada.

O dendrograma no topo da figura ilustra uma análise fenotípica, que organiza as amostras com o objetivo de mostrar suas similaridades com base nas variáveis avaliadas: copa, circunferência do caule e altura. Cada barra no dendrograma representa a junção de grupos de amostras com níveis crescentes de dissimilaridade. Assim, amostras que se unem em níveis mais baixos do dendrograma apresentam maior similaridade entre si, enquanto aquelas conectadas em níveis superiores são mais distintas. Na presente análise, o agrupamento sugere que os genótipos avaliados compartilham padrões específicos em suas características fenotípicas, os quais podem ser utilizados para inferir a resposta de diferentes grupos a condições experimentais ou ambientais

A partir do dendrograma do mês de agosto, gerado por meio da análise estatística utilizando o pacote ‘ggdendro’ no software R (Figura 5), foi possível verificar a formação de três grupos principais. Um desses grupos possui apenas os genótipos de Itaporanga D’Ajuda. O segundo grupo é composto exclusivamente por indivíduos dos genótipos de Petrolina, que se destacam dos demais com base em suas características morfológicas.

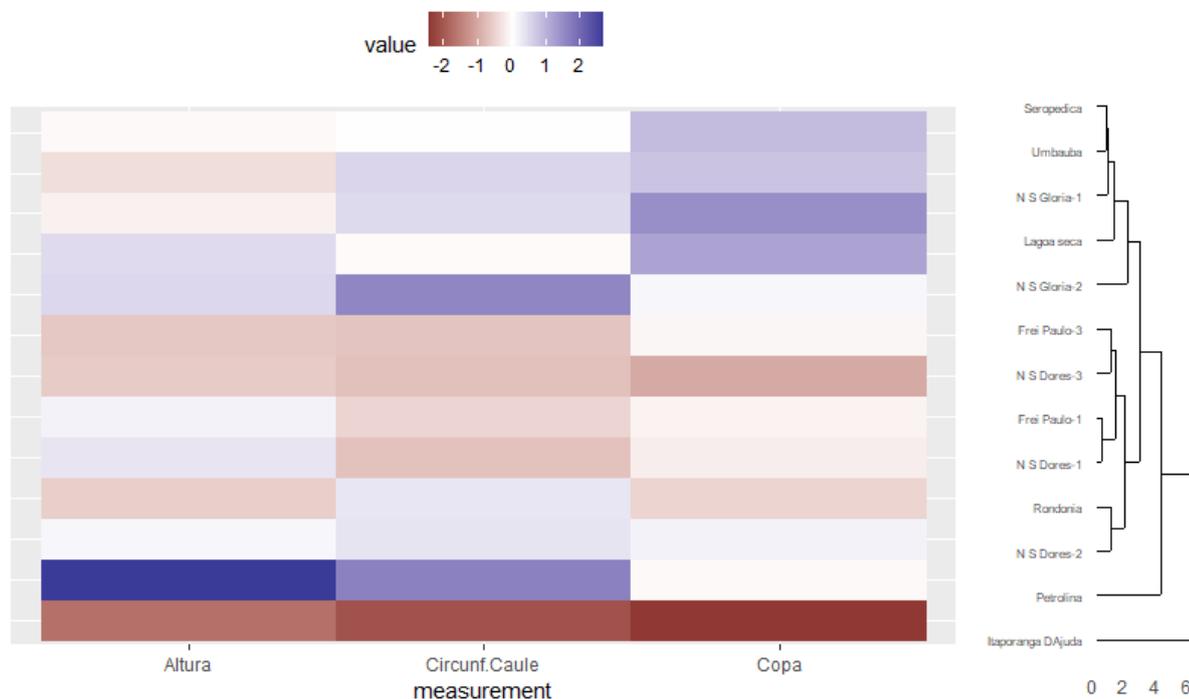


Figura 5. Dendrograma da análise fenotípica dos genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Gliricídia da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Por fim, o terceiro e maior grupo apresentou dois subgrupos: o primeiro subgrupo incluiu os genótipos de Frei Paulo 3, N. S. das Dores 3, Frei Paulo 1, N. S. das Dores 1, Rondônia 2 e N. S. das Dores 2, sendo que estes dois últimos se diferenciaram levemente dos demais nesse subgrupo. O segundo subgrupo é formado pelos genótipos de Seropédica,

Umbaúba, N. S. da Glória 1, Lagoa Seca e N. S. da Glória 2, com destaque para os genótipos de N. S. da Glória 2, que se sobressaíram em relação aos demais dentro desse subgrupo.

A maior similaridade foi observada nos genótipos do município de Itaporanga D'Ajuda para todas as características analisadas, seguidos pelos genótipos de N. S. das Dores 3, que também apresentaram elevada similaridade entre si em todas as características. Em relação à característica altura, os genótipos de Petrolina apresentaram a maior dissimilaridade entre si. Por outro lado, os genótipos de Frei Paulo 3, N. S. das Dores 3 e Rondônia apresentaram maior similaridade para essa característica.

Quanto à circunferência do caule, os genótipos de Petrolina demonstraram a maior dissimilaridade, seguidos pelos genótipos de N. S. da Glória 2. Em contrapartida, os genótipos de Frei Paulo 1, Frei Paulo 3, N. S. das Dores 1 e N. S. das Dores 3 apresentaram maior similaridade para essa característica.

A característica de crescimento relacionada ao tamanho da copa apresentou a maior dissimilaridade entre os indivíduos dos genótipos. N. S. da Glória 1 destacou-se com a maior dissimilaridade, seguido pelos genótipos de Lagoa Seca e, em sequência, pelos genótipos de Seropédica e Umbaúba.

Comparando esses resultados com os observados na análise molecular, foi possível identificar algumas semelhanças entre as análises. Os genótipos de Itaporanga D'Ajuda destacaram-se entre os demais em ambas as análises. Já os genótipos de Petrolina, na análise molecular (Artigo 2), apresentaram semelhanças genéticas em dois grupos (1 e 5), enquanto, na análise fenotípica, destacaram-se como um grupo distinto (grupo 3).

O grupo 3, na análise morfológica, foi subdividido em dois subgrupos. O subgrupo 1 incluiu os indivíduos de Rondônia (Porto Velho) e todos os genótipos coletados nos municípios de Frei Paulo e N. S. das Dores. Isso difere da análise molecular, que mostrou maior diversidade genética nos genótipos de Frei Paulo, distribuídos entre os grupos 1 e 2, e nos genótipos de N. S. das Dores, que apareceram em quatro grupos (1, 2, 3 e 5).

O subgrupo 2, por sua vez, reuniu genótipos de Lagoa Seca, Seropédica e N. S. da Glória, mantendo uma composição homogênea no contexto da análise morfológica. Contudo, na análise molecular, os indivíduos de Lagoa Seca e N. S. das Dores mostraram semelhanças no grupo 1, destacando-se no grupo 3, que apresentou maior diversidade genética. O grupo 1 da análise molecular foi o que mais se assemelhou ao subgrupo 2 da análise morfológica, devido à presença de indivíduos provenientes dos mesmos três municípios.

Dessa forma, é interessante observar que as análises fenotípicas e moleculares apresentaram tanto semelhanças quanto diferenças em seus resultados. Foi possível perceber que a análise detalhada da diversidade genética dos genótipos, combinada com as características morfológicas das plantas, revelou que, apesar de serem morfológicamente semelhantes, certos grupos de genótipos possuem diversidade genética significativa. Isso reforça a importância da utilização conjunta de análises fenotípicas e moleculares para um melhor entendimento da espécie, permitindo a identificação de padrões mais abrangentes e embasando estratégias de manejo e conservação.

A análise fenotípica revelou variações significativas no crescimento, vigor e desenvolvimento dos acessos, com destaque para os genótipos de Itaporanga D'Ajuda, que apresentaram maior similaridade entre si, e os genótipos de Petrolina, que se destacaram pela maior dissimilaridade em características como altura e circunferência do caule. Além disso, a presença de flores e frutos variou entre os acessos, evidenciando a influência de fatores genéticos e ambientais no ciclo reprodutivo da espécie.

O estudo da análise molecular complementou as análises fenotípicas, revelando padrões de diversidade genética que nem sempre se mostram nas características morfológicas. Enquanto alguns grupos apresentaram alta similaridade fenotípica e genética, outros apresentaram uma grande diversidade genética, mesmo entre indivíduos morfológicamente homogêneos. Essa complementaridade destaca a importância de combinar análises fenotípicas

e moleculares para uma compreensão maior da diversidade intraespecífica e para dar base a estratégias de manejo.

Durante a avaliação realizada em agosto de 2024, foi observada a incidência do fungo *Colletotrichum* spp. (Figura 6) nos acessos provenientes de Nossa Senhora das Dores e Frei Paulo, ambos municípios de Sergipe. A infecção pode ter ocorrido devido ao longo período de chuvas, durante o qual os propágulos do fungo podem ter sido dispersos por respingos d'água. A ação do patógeno é favorecida em condições de alta umidade, com precipitações abundantes e temperatura média de 27°C, que promovem a produção de esporos (Kimati *et al.*, 2005). Não foi encontrado nenhum estudo citando este patógeno na *G. sepium*. Nos acessos de Itaporanga d'Ajuda, SE, foi observada alta incidência de formigas.

Logo, a alta umidade e ataques de patógenos, também influenciaram o desempenho dos acessos. Esses eventos reforçam a necessidade de implementar estratégias de manejo integrado que reduzam os impactos de doenças e pragas na conservação *ex situ*.



Figura 6. Ocorrência dos fungos (A) e (B) em acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Glicírdia da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Umbaúba, SE. Fotos: Airton Marques de Carvalho.

A *G. sepium* revelou-se uma espécie de grande importância para a agricultura em Sergipe e em todo o Brasil. Sua adaptação a diversas regiões e suas múltiplas utilidades na agricultura e na saúde, reforçam a necessidade de estudos genéticos e de conservação. A Embrapa Tabuleiros Costeiros é essencial nesse processo, especialmente no atendimento às demandas de pequenos agricultores que buscam aumentar sua produtividade de forma sustentável e ambientalmente amigável.

A manutenção do BAG inclui a adubação anual com potássio (K), aplicando 250 g de KCl por planta, e o controle semestral de plantas daninhas com roçadeira mecanizada. A irrigação será mantida conforme descrito anteriormente, durante os primeiros seis meses. As sementes serão coletadas anualmente e armazenadas em câmaras frias para conservação. Os cortes anuais serão feitos somente a partir do estabelecimento da espécie. O ciclo reprodutivo completo será avaliado desde a floração até a etapa de produção de sementes.

6.4. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo demonstram a importância do Banco Ativo de Germoplasma de Glicírdia (BAG Glicírdia) da Embrapa Tabuleiros Costeiros como ferramenta estratégica para a conservação e manejo sustentável da espécie *G. sepium*.

Essa primeira avaliação fenotípica apresentou resultados interessantes para futuros estudos, identificando indivíduos com maior altura, tamanho de copa e vigor, além de identificar acessos com maior taxa de sobrevivência às adversidades em campo.

Assim, os resultados obtidos não apenas contribuem para a compreensão da variabilidade da espécie, mas também oferecem informações para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e conservação.

6.5. Referências Bibliográficas

- ABDULAZIZ, A.A.; DAPAR, M.L.G.; MANTING, M.M.E.; TORRES, M.A.J.; ARANAS, A.T.; MINDO, R. A.R.; KENNY CABRIDO, C.; DEMAYO, C.G. Qualitative evaluation of the antimicrobial, antioxidant, and medicinally important phytochemical constituents of the ethanolic extracts of the leaves of *Gliricidia sepium* (jacq.) Walp. **Pharmacophore**, v. 10, p. 72–83, 2019.
- ANDRADE, B. M. S.; SOUZA, S. F.; SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S. S.; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em sistemas agropecuários sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, n. 4, 2015.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, Recife – PE, 2012, 200p. Disponível em: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/4209>
- AULANNI'AM, A.; ORA, K.M.; ARIANDINI, N.A.; WURAGIL, D.K.; PERMATA, F.S.; RIAWAN, W.; BELTRAN, M.A.G. Wound healing properties of *Gliricidia sepium* leaves from Indonesia and the Philippines in rats (*Rattus norvegicus*). **Veterinary World**, v. 14, n. 3, p. 820–824, 2021.
- BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; MITTELMANN, A.; MAGALHÃES JR, A. M.; PEREIRA, A. S.; LEITE, D. L.; CHOER, E.; ANTUNES, I. F.; CASTRO, L. A. S.; RASEIRA, M. C. B.; MARIOT, M. P.; FAGUNDES, P. R. R.; SILVA, S. D. A.; TREPTOW, R. **Conservação ex situ de recursos genéticos vegetais da Embrapa Clima Temperado**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2005, 27p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33552/1/documento-143.pdf>
- BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; CHOER, E.; RASEIRA, M. C. B.; LEITE, D. L.; CASTRO, L. A.; PEREIRA, A. S.; MUIRA, A. C.; GARRASTAZÚ, M. C.; OLIVEIRA, R. P.; MARIOT, M. P.; SINIGAGLIA, C.; BENTO, L. H. G.; DORNELLES, J. E. F. Bancos ativos de germoplasma da Embrapa Clima Temperado: resgate, caracterização e conservação de recursos genéticos. **Resumos do I Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, 2006.
- BARROCAS, G.E.G.; TANURE, J.P.M.; GOMES, R. C. **Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras** - Compêndio de POPs. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E), p. 1-142, 2017.
- BORÉM, A; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6ª. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013, v.6. 523p.
- BRAGA, C. S.; RODRIGUES, D. V.; BISPO, R. B.; GOTTER, V.; MARTINS, K. C.; SOUZA, S. A. M. Caracterização e diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com base em características físicas e químicas dos frutos. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, p. 181–186, 2017. DOI: 10.5327/Z1677-606220172002

- COSTA, E. S. P.; SANTOS, C. A.; ROCHA, M. C.; CARMO, M. G. F. Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2800>
- DAWSON, I. K.; SIMONS, A. J.; WAUGH, R.; POWELL, W. Diversity and genetic differentiation among subpopulations of *Gliricidia sepium* revealed by PCR-based assays. **Heredity**, v. 74, n. 1., p. 10-18, 1995.
- DELFINO, G.; SOUZA, S. F.; ANDRADE, B. M. S.; JESUS, C. W. S.; SOUZA, E. Y. B.; BRITO, J. S.; RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N. Impacto da gliricídia (*Gliricidia sepium*) sob indicadores de qualidade química do solo para uso em sistemas de ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta). In: **Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação**, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/186371/1/Impacto.pdf>
- DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. **Introdução e avaliação de Gliricidia sepium na região semi-árida do Nordeste Brasileiro**. In: QUEIRÓZ, M.A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (ed.) Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 1 - 8, 1999.
- FERRAZ, R. M.; RAGASSI, C. F.; HEINRICH, A.; LIMA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 498–506, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160408>
- FIGUEIREDO, C. C. D.; MOREIRA, T.N.; COSER, T.R.; SILVA, L.P.; LEITE, G.G.; CARVALHO, A.M.; MALAQUIAS, J.V.; MARCHÃO, R.L.; URQUIAGA, S. Nitrogen Use efficiency in an agrisilviculture system with *Gliricidia sepium* in the Cerrado Region. **Plants**, v. 12, n. 8, p. 1647, 2023.
- HUGHES, C. E. Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Waip. (Leguminosae). **The Commonwealth Forestry Review**, v. 66, n.1, p.31-48, 1987.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia**. Vol. 2. Doenças das Plantas Cultivadas. 4ª. Ed. São Paulo: Ceres, 2005.
- MARÍA, M.L.; LUIS, C.B.; SANTIAGO, R.V.; GUADALUPE, A.J.; CECILIA, Z.C. Contenido de proteína y fibra en forrajes tropicales no afecta la preferencia en conejos de engorda. **Abanico Veterinario**, v. 11, p. 1-11, 2021.
- MESHARAM, N. A.; DALVI, V.V.; PINJARI, S.S.; RATHOD, R.R.; NARKHADE, S.S. Litters effect on soil physicochemical and biological processes. **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 90, n. 6, p. 1166–1169, 2020.
- PAIVA, S.R.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; SALOMÃO, A. N.; JOSÉ, S. C. B. R.; MOREIRA, J. R. A. **Recursos genéticos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**, 2019.
- RAMOS, S. R. R.; QUEIRÓZ, M. A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de

cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 09-12, 1999.

RIBEIRO, C.; REIFSCHNEIDER, F.; CARVALHO, S.; BIANCHETTI, L.; BUSO, G. Embrapa's capsicum breeding program—looking back into the future. **Crop Breeding, Genetics and Genomics**, v. 2, n. 1, p. 1-26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20900/cbgg20200001>

RODRIGUES, R. C. **Métodos de Análises Bromatológicas de Alimentos: Métodos Físicos, Químicos e Bromatológicos**. Pelotas- RS: Embrapa Clima Temperado, 2010. 174p.

SANTANA, J. C. S.; MORAIS, J. A. S.; SANTOS, A. A.; GURGEL, A. L. C.; MUNIZ, E. N.; OLIVEIRA, V.S. Características fermentativas, composição química e fracionamento da proteína da silagem de gliricídia submetida a diferentes períodos de fermentação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, n. 1, 2019.

SÁ, M. K. N. D.; ANDRADE, A.P.; MAGALHÃES, A.L.R.; VALENÇA, R.L.; CAMPOS, F.S.; ARAÚJO, F.S.; ARAÚJO, G.G.L. Silagem de palma forrageira com *Gliricidia Sepium*: alternativa alimentar para o Semiárido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e27210212473, 2021.

SANTOS, L. E. B.; SILVA, P. G. L.; OLIVEIRA, V. R.; OLIVEIRA, A. K. Branches of *Gliricidia sepium* used as mulch for weed control in corn. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, e20186564, 2020.

SCHWARZ, K.; RESENDE, T. V.; PRECZENHAK, A. P.; PAULA, J. T.; FARIA, M. V.; DIAS, D. M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410–418, 2013.

SILVA, T. L. D.; SILVA, W. D.; GOMES, V. L.; SANTOS, R. F.; LIMA, A. A. F.; ASSIS, V.G.; FERRAZ, R. L. S. Uso da *Gliricidia sepium* ((Jacq.) Steud.) em substituição da soja no manejo alimentar de frangos de corte. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 7, p.7073, 2019.

VIEIRA, E. R. D. Q.; FERREIRA, S. R.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, D. A.; FERREIRA, A. C. H.; FILHO, J. H. O.; SOUSA, M. S.; ALMEIDA, S. S. Parâmetro fermentativo e valor nutritivo da silagem de milho com inclusão de gliricídia (*Gliricidia sepium*) e inoculante. **Peer Review**, v. 5, n. 26, p. 150–164, 2023.

VRIES A.; RIPLEY, B. D. **ggdendro: Create Dendrograms and Tree Diagrams Using 'ggplot2'**. R package version 0.2.0, 2024. Disponível em: <https://andrie.github.io/ggdendro/>.

WAFAY, A. A.; EL-HAWARY, S.S.; ABDELHAMEED, M. F.; EL RAEY, M. A.; ABDELRAHMAN, S. S.; ALI, A. M.; KIROLLOS, F. N. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using ethanolic extract of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. ex. Walp., stem: characterizations and their gastroprotective effect on ethanol-induced gastritis in rats. **Bioorganic Chemistry**, v. 145, p. 107225, 2024.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises e a conservação *ex situ* da *Gliricidia sepium* realizadas durante o desenvolvimento desta dissertação reforçam a relevância como ferramenta para práticas agrícolas sustentáveis. Este estudo realizou a implantação de um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) e a aplicação de descritores morfológicos e moleculares, que permitiram uma compreensão maior da variabilidade genética da espécie. A baixa diversidade genética observada sugere a continuidade de intercâmbio de germoplasma e a introdução de novos acessos.

Os resultados destacaram a importância da *G. sepium* em sistemas agroecológicos, especialmente em regiões semiáridas. Sua capacidade de fixação de nitrogênio, resistência à seca e multifuncionalidade a tornam uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas, produção de forragem e redução de insumos químicos.

Esta pesquisa também demonstrou que os marcadores moleculares ISSR são ferramentas eficazes para estimar a diversidade genética em gliricídia. Recomenda-se ampliar o número de marcadores e, com o contínuo enriquecimento do BAG, aumentar o número de indivíduos a serem avaliados.

A continuidade dessa pesquisa inclui estudos em diferentes ambientes e dará subsídios a um futuro programa de melhoramento genético da espécie.

Por fim, essa dissertação procurou trazer embasamento prático e teórico, fornecendo informações para futuros estudos de conservação, melhoramento genético e agricultura sustentável, promovendo benefícios ecológicos e econômicos a longo prazo.