



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

LUIZ GUILHERME SANTANA UCHÔA

**UMA DÉCADA DE DESCOBERTAS: TRAJETÓRIA CIENTÍFICA DE
Spondias bahiensis P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado APÓS SUA
DESCRIÇÃO**

São Cristóvão, SE

2024



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CONSELHO DO ENSINO, DA PESQUISA E DA EXTENSÃO



RESOLUÇÃO Nº 16/2023/CONEPE
ANEXO I

SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UFS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA

Autorizo a Universidade Federal de Sergipe a disponibilizar através do catálogo eletrônico, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98 o texto integral da obra abaixo citada, em formato digital PDF, para fins de leitura, impressão e download, a título de divulgação da produção científica da Universidade Federal de Sergipe, a partir da data abaixo firmada.

() Especialização (X) Graduação () Residência médica

Núcleo/Departamento: DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Título: UMA DÉCADA DE DESCOBERTAS: TRAGETÓRIA CIENTÍFICA DE
SPONNIAS BAHIENSIS P. CARVALHO, VAN DEN BERG & M. MACHADO
APÓS SUA DESCRIÇÃO

Autor: LUIZ GUILHERME SANTANA UCHOA

CPF: 0666300 25 97 E-mail: LUIZBIOMTZ@GMAIL.COM

Orientador: LAURA JANE GOMES

CPF: 08879472801 E-mail: LAURA@ACADEMICO.UFS.BR

Data de conclusão: 15 de ABRIL de 2024

Data de depósito: 19 de ABRIL de 2024

Luiz Guilherme Santana Uchoa
Assinatura do(a) Autor(a)

LUIZ GUILHERME SANTANA UCHÔA

**UMA DÉCADA DE DESCOBERTAS: TRAJETÓRIA CIENTÍFICA DE
Spondias bahiensis P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado APÓS SUA
DESCRIÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso para aprovação
no curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
da Universidade Federal de Sergipe.
Orientadora: Prof.^a Dra. Laura Jane Gomes.

São Cristóvão, SE

2024

RESUMO

O bioma Caatinga, notável por sua biodiversidade endêmica, abriga 3.347 espécies vegetais, incluindo 526 exclusivas, destacando a urgência em conservá-las. Além disso, possui 389 espécies de plantas medicinais, com 15,3% endêmicas, enfatizando sua importância tanto para conservação quanto para estudos etnofarmacológicos. As unidades de conservação na Caatinga provaram ser eficazes, revelando espécies desconhecidas e mantendo uma rica presença de nativas comparadas às áreas desprotegidas. A revisão bibliográfica e bibliométrica das plantas utilizadas para alimentação revela a capacidade destes métodos em consolidar e sintetizar dados, crucial para avanços em etnobotânica, ecologia e biotecnologia, e sublinha a necessidade de políticas públicas informadas para integrar biodiversidade à segurança alimentar. Observando as discrepâncias entre o cultivo e a importância do umbu-cajá e o limitado suporte técnico-científico, realizou-se uma revisão bibliográfica e um mapeamento científico, técnico e molecular de *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado através de análise bibliométrica de artigos e dados genéticos. Foram identificados 52 artigos na Scopus e 50 na Web of Science, dos quais apenas 9 tratavam especificamente da espécie após eliminação de duplicatas, com uma taxa de crescimento anual de 18,92% e foco em sequenciamento genômico, filogenética e hibridização. Não foram encontradas patentes, e os dados moleculares incluíram 522 sequências de nucleotídeos e 324 proteínas do GenBank. A revisão bibliográfica e bibliométrica aponta uma escassez de literatura específica e a necessidade crítica de expandir pesquisas para cobrir aspectos agrônômicos, etnofarmacológicos e de conservação, fundamentais para o uso sustentável e preservação da *Spondias bahiensis*.

Palavras-chave: Produto florestal não madeireiro; Mapeamento; Taxonomia; Genética.

ABSTRACT

The Caatinga biome, notable for its endemic biodiversity, is home to 3347 plant species, including 526 exclusive ones, highlighting the urgency of conserving them. It also has 389 species of medicinal plants, 15.3% of which are endemic, emphasizing their importance both for conservation and for ethnopharmacological studies. Conservation units in the Caatinga have proved to be effective, revealing unknown species and maintaining a rich presence of natives compared to unprotected areas. The bibliographic and bibliometric review of plants used for food reveals the ability of these methods to consolidate and synthesize data, crucial for advances in ethnobotany, ecology and biotechnology, and underlines the need for informed public policies to integrate biodiversity with food security. Observing the discrepancies between the cultivation and importance of umbu-cajá and the limited scientific support, a bibliographic review and scientific, technical and molecular mapping of *Spondias bahiensis* was carried out through bibliometric analysis of articles and genetic data. 52 articles were identified in Scopus and 50 in Web of Science, of which only 9 dealt specifically with the species after eliminating duplicates, with an annual growth rate of 18.92% and a focus on genomic sequencing, phylogenetics and hybridization. No patents were found, and the molecular data included 522 nucleotide sequences and 324 proteins from GenBank. The bibliographic and bibliometric review points to a scarcity of specific literature and the critical need to expand research to cover agronomic, ethnopharmacological and conservation aspects, which are fundamental for the sustainable use and preservation of *Spondias bahiensis*.

Keywords: Non-timber forest product; Mapping; Taxonomy; Genetics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3. METODOLOGIA.....	10
3.1 Amostragem	10
3.2 Triagem de dados.....	11
3.3 Métodos de análise	11
3.3.1 Mapeamento científico	11
3.3.2 Mapeamento tecnológico	12
3.3.3 Mapeamento de dados moleculares	13
3.3.4 Linha do tempo da trajetória taxonômica	13
4. TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	14
4.1 Taxonomia, origem e trajetória evolutiva de <i>Spondias bahiensis</i>	14
4.2 Mapeamento científico	17
4.3 Mapeamento tecnológico.....	22
4.4 Mapeamento de dados moleculares	22
5. CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

Como nação, o Brasil se sobressai pela sua extraordinária diversidade de plantas, hospedando cerca de 19% das espécies de flora do planeta, com exceção do reino Fungi. Essa vasta diversidade coloca o Brasil em uma posição de liderança em biodiversidade, relacionada à flora, em uma escala global. Sob o aspecto científico, apesar dos progressos notáveis tanto em quantidade quanto na qualidade das pesquisas em biodiversidade, a degradação contínua dos habitats naturais nos ecossistemas-chave do Brasil segue em um ritmo alarmante, o que indica a urgência em melhorar as interações entre cientistas, formuladores de políticas públicas e as comunidades tradicionais, com o objetivo de tornar mais efetivas as ações de conservação da biodiversidade (Scarano, 2007). É imprescindível a expansão tanto em número quanto em alcance geográfico dos estudos focados em sistemática e taxonomia de plantas no Brasil (Giulietti et al., 2005).

A análise conduzida por Oliveira et al., (2017) demonstra que 71% das Áreas Protegidas (APs) possuem menos de 0.01 registros de espécies por quilômetro quadrado, e que uma parcela significativa, quase 55%, das espécies nativas do Brasil, não está presente nessas zonas de conservação, indicando uma lacuna alarmante em termos de proteção das espécies. Essa deficiência em conhecimento e proteção destaca, mais uma vez, a necessidade de promover projetos de pesquisa destinados a mapear a diversidade biológica e seus usos, visando a formular estratégias de conservação mais robustas e fomentar o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais endêmicos (Nunes et al., 2022; Silva et al., 2022; Oliveira et al., 2017).

Dos biomas brasileiros, o bioma Caatinga se distingue pela sua excepcional biodiversidade endêmica, abrigando 3.347 espécies vegetais, das quais 526 são exclusivas deste bioma. Essa característica ressalta não só a rica diversidade e endemismo do bioma, mas também a crítica necessidade de empreender esforços para sua conservação (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2020). Além disso, a Caatinga é notória por sua vasta biodiversidade de plantas medicinais, contando com 389 espécies empregadas em práticas tradicionais de cura por comunidades locais, sendo 15,3% delas endêmicas. Esse aspecto sublinha a importância do bioma tanto para a conservação quanto para investigações etnofarmacológicas (Albuquerque et al., 2007).

No que tange à proteção ambiental, as unidades de conservação na Caatinga têm se mostrado eficazes na conservação de sua biodiversidade, evidenciada pela descoberta de

espécies até então desconhecidas e pela maior presença de espécies nativas em comparação com regiões não protegidas (Oliveira et al., 2016). Essa eficácia reforça a importância de se expandir ainda mais as áreas protegidas legalmente, especialmente considerando que, apesar de sua classificação como uma das áreas de maior importância no que tange a sociobiodiversidade no planeta, menos de 1% da Caatinga é protegida. Essa discrepância ressalta a necessidade premente de mais estudos que forneçam informações vitais para subsidiar a ampliação das medidas protetivas para a Caatinga, assegurando assim a conservação de sua exclusiva sociobiodiversidade (Koch; Almeida-Cortez; Kleinschmit, 2017).

No presente estudo, destaca-se a ordem Sapindales, composta pelas famílias Anacardiaceae; Meliaceae; Rutaceae; Simaroubaceae; Burseraceae; Nitrariaceae; Sapindaceae (Cole e Hilger, 2016). A família Anacardiaceae apresenta-se de suma importância alimentar, ecológica e medicinal (Correia; David; David, 2006; Schulze-Kaysers; Feuereisen; Schieber, 2015).

Embora algumas espécies possam ser encontradas em zonas temperadas, a família Anacardiaceae, que é composta por aproximadamente 600 espécies e 70 gêneros, é majoritariamente encontrada em regiões subtropicais e tropicais (Sameh et al., 2018). Os habitats onde podem ser encontrados são diversos, desde florestas tropicais perenes e decíduas em estágio sucessional de clímax até ambientes perturbados, onde atuam como colonizadoras iniciais. São encontradas espécies adaptadas a ambientes costeiros do tipo manguezal, e também em ambientes áridos e semiáridos do tipo xerófila (Cevallos Ferriz; Martínez Millán, 2005).

O gênero *Spondias* é composto por 18 espécies aceitas pelos revisores do gênero Mitchell e Daly, são elas: *S. acida*; *S. admirabilis*; *S. chinensis* (Merr.) F. P. Metcalf (syn. *S. lakonensis* Pierre); *S. dulcis* Parkinson (syn. *S. cytherea* Sonn.); *S. expeditionaria* Hook. f.; *S. globosa* J. D. Mitch.; *S. macrocarpa* Engl.; *S. malayana* Kosterm.; *S. mombin* L. (syn. *S. aurantiaca* Schumach. & Thonn.; *S. dubia* A. Rich.; *S. graveolens* Mafad; *S. lutea* L.; *S. pseudomyrobalanus* (Tussac, and *S. oghigee* G. Don); *S. novoguineensis*; *S. pinnata* (L. f.) Kurz (syn. *S. mangifera* Willd., *S. acuminata* Roxb.); *S. purpurea* (syn. *S. myrobalanus* L., *S. crispula* Beurl., e *S. cirouela* Tussac); *S. mexicana* S. Watson, *S. radlkoferi* Donn. Sm.; *S. tefyi* J. D. Mitch.; Daly e Randrian; *S. testudinis* J. D. Mitch. e D. C. Daly; *S. tuberosa* Arruda; *S. venulosa* Engl. e *S. xerophila* Kosterm, essas espécies foram as aceitas pela revisão do gênero de (Mitchell; Daly, 2015), onde fica claro a trajetória oscilante da taxonomia para o gênero.

As espécies do gênero *Spondias*, são significativas nas regiões tropicais por sua relevância em práticas alimentares, medicinais e culturais, detêm também uma importância econômica devido à produção de frutas. A taxonomia destas espécies é fundamental para a conservação, identificando e priorizando espécies vulneráveis, endêmicas ou ameaçadas para ações de proteção. Mudanças taxonômicas podem afetar seu cultivo e comercialização, bem como o desenvolvimento de novos produtos. A revisão taxonômica de (Mitchell; Daly, 2015) pode revelar espécies anteriormente não diferenciadas, como *S. admirabilis* e *S. expeditionaria*, que enfrentam riscos de extinção, ressaltando a importância de revisões como esta, na conservação de espécies.

A espécie *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado conhecida popularmente como umbu-cajá, foi descrita a menos de uma década (Machado; Carvalho; Berg, 2015). Faz-se presente na lista de espécies nativas da sociobiodiversidade¹ de valor alimentício, para fins de comercialização *in natura* na Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10/2021 (Brasil, 2021).

Reconhecida a sua importância para a alimentação de comunidades que circundam sua distribuição no bioma Caatinga, a inserção da espécie na lista de plantas nativas de valor alimentício da sociobiodiversidade, implica no fomento de políticas públicas em atuação em conjunto com a Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10/2021, que promovem o incentivo ao cultivo, extrativismo e comércio da planta (Brasil, 2021).

A espécie *S. bahiensis* foi apontada na a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção, da Portaria MMA Nº 148, de 7 de Junho de 2022 (Brasil, 2022), como categoria em risco de extinção (EN), segunda categoria mais preocupante para conservação segundo International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN).

Conforme avaliado no estudo de Silva, (2023), que avaliou o nível de suporte técnico-científico das espécies contidas na lista da Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10/2021, a espécie *S. bahiensis* foi classificada como “escasso”, indicando a falta de suporte técnico-científico para utilização da planta de modo sustentável, resultado este que implica na falta de dados que corroboram o suporte técnico-científico da espécie ou presença de dados que inviabilizam o seu uso sustentável.

¹ Espécies da biodiversidade que possuem relação com os diversos sistemas socioculturais do Brasil.

A espécie *S. bahiensis* de nome vernáculo umbu-cajá ou cajá-umbu, é amplamente utilizada por comunidades no Nordeste, onde é endêmica. A planta é bem adaptada para o bioma Caatinga, xerófila, e por possuir essa resistência às intempéries do ambiente é de suma importância na alimentação e economia local, contribuindo também com seu uso no campo medicinal (Araújo et al., 2018).

Nos livros, “Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste” capítulo 5 “*Spondias bahiensis*: Umbu-cajá” (Araújo et al., 2018) e “Umbu-cajazeira: descrição e técnicas de cultivo” (Souza; Porto Filho; Mendes, 2020), são descritas as características econômicas, etnobiológicas e técnicas de cultivo para *S. bahiensis* no nordeste, com registro de árvores centenárias próximas a residências e da forma de plantio por estaquias usada por estas, deixando evidente a classificação desta como de importância para sociobiodiversidade brasileira.

A importância das revisões bibliográficas e bibliométricas para as espécies de plantas utilizadas para alimentação no Nordeste é evidenciada, em grande parte, na capacidade desses métodos de consolidar, avaliar e sintetizar dados de pesquisas existentes sobre determinados temas. Esse processo contribui significativamente para o entendimento amplo das potencialidades alimentares e nutricionais dessas espécies, além de destacar lacunas de conhecimento e direcionar futuras investigações científicas (Silva, 2023).

Tais revisões são essenciais para o avanço do conhecimento científico em áreas como etnobotânica, ecologia e biotecnologia, onde se busca entender não apenas o valor nutricional dessas plantas, mas também suas possibilidades de manejo, cultivo, domesticação e conservação. A necessidade de políticas públicas bem-informadas e fundamentadas em evidências científicas robustas para promover o uso sustentável e a valorização da sociobiodiversidade é destacada, enfatizando a importância de integrar a biodiversidade à segurança alimentar e nutricional (Nunes et al., 2022; Silva, 2023).

Feita a observação das incongruências entre o histórico de cultivo e importância do umbu-cajá e sua escassez no que se refere ao suporte técnico científico, se fez necessário uma revisão bibliográfica da espécie, a fim de elaborar um histórico taxonômico bem como um mapeamento científico, tecnológico e de dados moleculares para *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado (umbu-cajá).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão bibliográfica da espécie *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado (umbu-cajá).

2.2 Objetivos Específicos

- Fazer um mapeamento científico através da revisão bibliométrica de artigos sobre *Spondias bahiensis*.
- Fazer um mapeamento técnico através da revisão bibliométrica de patentes de *Spondias bahiensis*.
- Fazer um mapeamento de dados moleculares através da revisão bibliométrica de banco de dados genéticos e moleculares de *Spondias bahiensis*.
- Fazer uma linha do tempo com a trajetória taxonômica de *Spondias bahiensis*.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada baseou-se no estudo de Nunes et al., (2022), com os seguintes passos: amostragem; organização; análise; visualização e discussão dos resultados, sugeridos pela autora. Com o objetivo de mapear a condição técnico-científica do umbu-cajá através da avaliação de dados científicos disponíveis. Diante dos objetivos propostos neste estudo: houve o levantamento de dados, seguido da triagem e organização dos dados, análise bibliométrica e por fim a apresentação dos resultados. Mais detalhes a seguir (Figura 1):

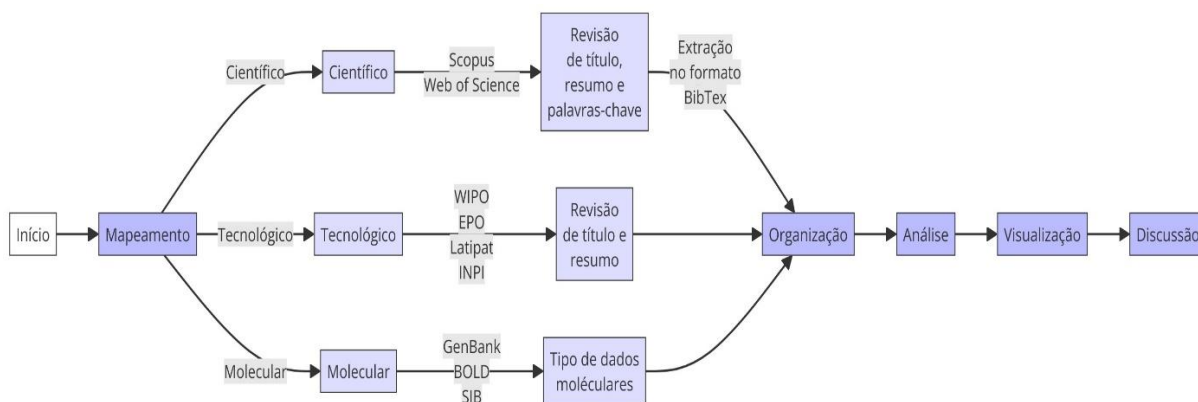


Figura 1: Fluxograma metodológico para o mapeamento de dados. Fonte: Autor.

Para a linha do tempo referente à história taxonômica e origem de *S. bahiensis*, foi revisada a literatura presente nas bases de dados online, afim de trassar cronologicamente os estudos que mais impactaram a taxonomia e filogenética da espécie, utilizando dados como livros e artigos antes e após sua descrição.

3.1 Amostragem

Levantamento bibliográfico foi realizado utilizando as palavras-chave com seus respectivos Booleanos: “*Spondias bahiensis*” OR “*S. bahiensis*” OR “umbu-caja” OR “umbu-cajazeira” OR “umbu-caja tree”, estando incluídas no título, palavras-chave e/ou resumo em artigos científicos. As mesmas palavras-chave foram prospectadas para o resumo e título das patentes. Os dados moleculares referidos aos ácidos nucleicos e por conseguinte proteínas foram pesquisados através somente do nome científico “*Spondias bahiensis*” (Nunes et al., 2022). Os dados foram analisados em Abril de 2024 e incluem os artigos publicados até este

ano, os mapeamentos foram feitos somente com dados em que a espécie foi identificada como *Spondias bahiensis*, o período de busca para tal deu-se de 2015-2024.

Foram utilizadas as seguintes fontes de dados bibliográficos para o mapeamento, artigos científicos: Scopus e Web of Science. Para a busca de patentes, foram utilizadas as bases de dados European Patent Office – EPO; World Intellectual Property Organization – WIPO; Espacenet-Latipat e Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI. As informações sobre os dados moleculares, ácidos nucleicos e proteínas, foram prospectados dos seguintes bancos públicos de dados: Barcode of Life Data System - BOLD System; Genetic Sequence Database – GenBank; Swiss Institute of Bioinformatics – SIB (Nunes et al., 2022).

3.2 Triagem de dados

A triagem para o mapeamento foi realizada a partir das informações contidas no título, palavras-chave, resumo e corpo do texto, a fim de retirar as patentes e artigos duplicados que não abordavam a espécie alvo descrita. A partir desta triagem foi feita a exportação de todo material para o formato BibTex a fim de preparar os dados para a análise.

3.3 Métodos de análise

Para a análise dos dados levantados foram utilizadas ferramentas de análise bibliométrica digital, Rstudio; Bibliometrix; Biblioshiny; Excel. Os dados foram exportados no formato BibTex, foram normalizados e organizados utilizando o Rstudio, e exportados para o Biblioshiny (ferramenta do Bibliometrix), a fim de fazer a visualização dos dados. Em alguns casos os cálculos foram feitos utilizando o programa de planilhas Excel ou mesmo programando os dados no Rstudio.

Com o objetivo de obter resultados que podem ser continuados e comparados foi escolhido os mesmos parâmetros de Nunes (2021). A seguir os parâmetros utilizados para os mapeamentos do presente estudo:

3.3.1 Mapeamento científico

O mapeamento científico visa rastrear a produção acadêmica a cerca de *Spondias bahiensis*, a partir de quatro parâmetros, produção científica; estrutura intelectual; estrutura social; estrutura conceitual.

A partir da produção científica procuramos avaliar o quanto foi produzido em termos de

quantidade de artigos, bem como avaliar o impacto científico destes através do índice H local, fornecido pelo Biblioshiny. A contagem foi feita para cada plataforma pesquisada, e após a triagem foi estabelecido o número funcional de artigos obtidos através da Scopus e Web of Science, através do Biblioshiny. A taxa de produção anual foi feita com a razão de artigos selecionados pela quantidade de anos amostrada, o programa também fez cálculos para inferir a quantidade de citações, quantidade de co-autores, autores, porcentagem de artigos feitos em colaboração e taxa de citação (Aria; Cuccurullo, 2017; Zupic; Čater, 2015).

A estrutura intelectual visa avaliar a proximidade dos temas entre autores, utilizando-se o sistema de análise de citação, que compreende quantificar e agrupar os autores citados. A partir disto foi feito um mapa de citações, a partir do Biblioshiny, onde compreendemos mais a afinidade entre os autores, logo a afinidade entre os temas trabalhados por estes.

Para avaliar a estrutura social foi analisado quais autores e instituições trabalharam em conjunto, produzindo com estes resultados as comunidades científicas. Além disso, foi elaborado um mapa mundial com a distribuição dessas instituições que elaboraram as pesquisas.

A estrutura conceitual estabelece as tendência de crescimento e especificidade dos temas mais relevantes, bem como os temas relacionados a estes. Com base na recorrência das palavras-chave entre si e entre estudos diferentes, bem como na densidade em que estas apresentam no mesmo estudo e em estudos diferentes, foi elaborado um mapa temático, que agrupou estas palavras-chave, dividindo-as em quatro setores, de acordo com sua densidade e centralidade, o mapa foi feito no Biblioshiny (Aria et. al. 2017) . O mapa revela quais grupos de palavras-chave se encontram em pouca quantidade e em alguns estudos; presente em poucos estudos e em muita quantidade; presente em muitos estudos e em pouca quantidade; presente em muitos estudos e em muita quantidade.

3.3.2 Mapeamento tecnológico

O mapeamento tecnológico teve como proposta avaliar quantos e quais são as patentes registradas para *Spondias bahiensis*.

As buscas foram feitas nas plataformas *online* de acesso gratuito com as mesmas palavras-chave utilizadas no levantamento de artigos. Para triagem houve o *download* dos arquivos de petição e de patentes registradas, e conferido no corpo do trabalho se este indentificou a espécie *Spondias bahiensis*.

A caracterização do mapeamento tecnológico se dá por saber quais partes da planta

foram utilizadas, quais países de depósito de patentes, área de atuação segundo a Classificação Internacional de Patentes (WIPO 2020). Registro e caracterização dos cessionários.

3.3.3 Mapeamento de dados moleculares

Após a pesquisa nos bancos de dados genéticos e moleculares, a partir do nome científico do umbu-cajá, foi levantado a quantia de genes depositados, a quantia de nucleotídeos, o comprimento das sequências de nucleotídeos e a qualidade destes quanto ao nível GC (guanina-citosina), através da tabulação dos dados no Rstudio e geração de gráficos para uma melhor visualização.

A análise de dados sobre proteínas depositadas nos bancos de dado foi feita com base no número de depósitos, tipos diferentes de proteínas e seleção das mais importantes, utilizando também a plataforma Rstudio.

3.3.4 Linha do tempo da trajetória taxonômica

Após revisão bibliográfica de livros e artigos referentes a espécie *S. bahiensis* e triagem dos artigos mais relevantes, dentre os que apresentavam lacunas e marcos para a origem da espécie, foram analisadas as principais informações de cada estudo selecionado, a partir disto foi elaborado uma linha do tempo para visualização da origem taxonômica e evolutiva da *S. bahiensis*.

4. TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

4.1 Taxonomia, origem e trajetória evolutiva de *Spondias bahiensis*

O gênero *Spondias*, parte da família Anacardiaceae, abrange várias espécies de significativa importância ecológica e econômica. Entre estas, *Spondias bahiensis* tem emergido como objeto de extenso interesse científico devido ao seu distinto perfil genético e história evolutiva. A espécie *Spondias bahiensis* é conhecida por muitos nomes vernáculos, umbu-cajá; cajá-umbu; umbu-cajazeira; cajá-umbuzerira, dentre outros (Souza; Porto Filho; Mendes, 2020).

Sua vasta nomenclatura se dá por ser uma planta altamente utilizada para alimentação no nordeste do Brasil, caracterizada por ser xerófila, adaptada ao ambiente semi-árido, por isso é encontrada principalmente no domínio da Caatinga, porém pode ser encontrada em faixas litorâneas no domínio da Mata Atlântica, com a hipótese que foi introduzida nestes ambientes por ser altamente cultivada (Araújo et. al., 2018; Souza; Porto Filho; Mendes, 2020).

Esta seção da monografia investiga a taxonomia, origens e trajetória evolutiva de *Spondias bahiensis*, integrando descobertas de recentes análises de sequenciamento de alto desempenho, análise de polimorfismos de um único nucleotídeo (SNP) e estudos genômicos comparativos. A reconhecimento formal como uma espécie distinta dentro do gênero, um desenvolvimento relativamente recente, decorrente de um exame abrangente que destacou suas características morfológicas e genéticas únicas em relação a espécies próximas (Machado; Carvalho; Berg, 2015).

Foi identificado que no livro sobre técnicas de cultivo de *S. bahiensis* Souza; Porto Filho; Mendes, (2020) utilizaram alguns estudos para abordar a história taxonômica da espécie. A partir da revisão desses estudos foi elaborado um texto sobre a trajetória e para melhor visualização do processo uma linha do tempo, observada abaixo (Figura 2):

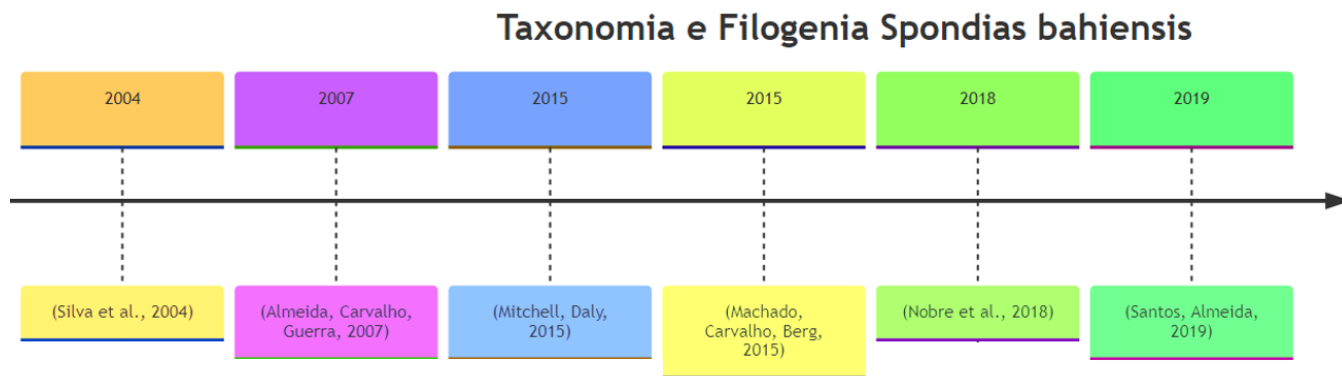


Figura 2: Linha do tempo referente aos estudos que subsidiaram a descrição da espécie e que buscaram elucidar sua história evolutiva. Fonte: Autor.

O estudo realizado por Silva et al., (2004) sobre o cajá-umbu, outro vernáculo utilizado para *Spondias bahiensis*, destacou a significativa variabilidade genética e a adaptabilidade desta espécie híbrida às condições de Pernambuco, Brasil. A pesquisa, focada na coleta, caracterização e avaliação de 36 acessos de germoplasma pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), revelou não apenas variações expressivas em termos de crescimento, produtividade e qualidade dos frutos, mas também identificou genótipos com desempenho produtivo excepcional. Apesar dessas descobertas importantes, o estudo deixou lacunas significativas no que tange à classificação taxonômica e às implicações filogenéticas do cajá-umbu, sublinhando a necessidade de futuras pesquisas para elucidar a sua posição dentro do gênero *Spondias* e as relações evolutivas subjacentes à sua origem híbrida.

Prosseguindo a discussão iniciada por Silva et al., (2004), um estudo subsequente de Almeida; Carvalho e Guerra, (2007) aprofundou-se na investigação da complexidade genética e taxonômica do umbu-cajá. Este estudo específico buscou esclarecer a suposta origem híbrida do umbu-cajá, analisando seus cariótipos por meio de bandamento cromossômico e distribuição de sítios de rDNA. Constatou-se que todas as espécies analisadas apresentavam um número cromossômico uniforme de $2n = 32$, porém exibiam variações nos padrões de bandamento. Foi notado no estudo que, enquanto *Spondias mombin* e *Spondias tuberosa* compartilhavam padrões de bandamento semelhantes, o umbu-cajá apresentava um padrão distinto, que não corroborava a hipótese de ser um híbrido direto entre essas duas espécies parentais. Tal constatação sugeriu que o cajá-umbu poderia não derivar diretamente do cruzamento entre *S. mombin* e *S. tuberosa*, desafiando as suposições anteriores sobre a espécie.

Posteriormente Mitchell e Daly, (2015), num estudo que aborda a morfologia descrita

para espécies do gênero *Spondias*, além da introdução de três novas espécies para o gênero: *S. admirabilis*; *S. expeditionaria*; *S. globosa*, o estudo descreve a morfologia do umbu-cajá comparando-a com a morfologia do umbu (*Spondias tuberosa*), utilizando os dados depositados nos herbários (Mattos Silva et al. 2299, NY); (e.g., Lorenzi 6074, NY) e cita a descrição comparativa entre as espécies feitas por Lorenzi et al. (2006); Marlon Marchado, pers. comm., (4/2013).

A descrição feita Mitchell e Daly, (2015) observou o seguinte sobre a morfologia da espécie: pirênio (2,7-2,8 × 1,8-1,9 cm); endocarpo pedregoso recoberto por uma matriz fibrosa e fina; cinco poros periapicais grandes, ovóides e de mesmo tamanho aproximado; pirênio com quatro trabéculas (Mattos Silva et al. 2299, NY). Fruto fresco com carpelo (4-4,7 × 3,2-3,4 cm) o pirênio (2,7-2,8 × 1,8-1,9 cm) (Lorenzi et al. 2006). Folíolos amplamente ovalados; ápice estreitamente acuminado; folíolos de base revoluta com cerdas longas e densas; frutos consistentemente obovóides; superfície do fruto esparsamente lenticelada (Marlon Marchado, pers. comm., 4/2013).

O estudo faz concomitantemente uma inferência de dados ecológicos e etnobotânicos retirados do livro “Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo *in natura*” da autoria de Lorenzi et al., (2006), que ressaltam que o umbu-cajá produz sementes exclusivamente inférteis; são plantadas exclusivamente por meio de propagação vegetativa; documentadas exclusivamente em áreas antropomórficas e restritas aos territórios dos estados: Bahia, Alagoas e Pernambuco. São reconhecidos pela comunidade local como distintos o suficiente para merecer uma designação vernácula diferente: umbu-cajá ou cajá-umbu (Mitchell e Daly, 2015).

Comparando os dados levantados o estudo ressalta que precisam ser feitos mais estudos a fim de elucidar as lacunas taxonômicas da espécie umbu-cajá, e reafirma que durante o estudo a espécie foi tratada como uma variedade da espécie *Spondias tuberosa* (Mitchell e Daly, 2015).

Foi formalmente reconhecida como uma espécie distinta dentro do gênero em 2015, seguindo análises morfológicas, morfométricas e genéticas abrangentes (Machado; Carvalho; Berg, 2015). Este reconhecimento baseou-se nas características únicas da espécie, que a diferenciam de espécies estreitamente relacionadas, como *Spondias tuberosa* e *S. venulosa*. Notavelmente, *Spondias bahiensis* exibe intermediariedade morfométrica nas estruturas foliares, mas possui características morfológicas distintas, particularmente em características de folhas e frutos, que a diferenciam de suas congêneres. A distinção genética foi ainda mais suportada por filogenias e redes de haplótipos derivadas de duas regiões de cpDNA não

codificantes e da região nuclear ETS, destacando a formação do clado para a espécie *Spondias bahiensis* há 0,97 milhão de anos, refutando a possibilidade de sua origem a partir de cultivo humano ou hibridização antrópica (Machado; Carvalho; Berg, 2015).

Pesquisas subsequentes se empenharam em elucidar as origens híbridas de *Spondias bahiensis* através de análises genômicas e filogenômicas avançadas. Um estudo fundamental de Nobre et al., (2018) utilizou sequenciamento de alto desempenho e análise de SNP, descobrindo um número substancial de alelos de SNP no genoma de *Spondias bahiensis*. De forma intrigante, aproximadamente metade desses alelos foi compartilhada com *S. tuberosa*, mas não com *S. mombin*, sugerindo *S. tuberosa* como provável progenitora feminina, enquanto *S. dulcis* foi sugerido como o progenitor masculino putativo. Essa evidência genética confirmou a origem híbrida de *Spondias bahiensis*, marcando um avanço significativo em nosso entendimento de sua composição genética e contexto evolutivo.

Novas percepções sobre as relações evolutivas dentro do gênero *Spondias* foram fornecidas por Santos e Almeida, (2019), que reportaram as sequências completas do genoma cloroplastídico de *Spondias tuberosa*, *Spondias bahiensis* e *Spondias mombin*. Seu estudo revelou um alto grau de conservação na ordem dos genes, conteúdo e conteúdo de CG entre essas espécies, afirmando a estreita relação filogenômica entre *S. tuberosa* e *S. bahiensis*. A conservação das sequências do genoma cloroplastídico sublinha os laços genéticos complexos dentro do gênero e suporta a hipótese da origem híbrida de *Spondias bahiensis*.

O corpo coletivo de pesquisa sobre *Spondias bahiensis* oferece *insights* profundos em sua taxonomia, origens e trajetória evolutiva. Por meio de análise morfológica meticulosa e estudos genômicos de ponta, pesquisadores desvendaram a complexa paisagem genética de *Spondias bahiensis*, destacando sua gênese híbrida e linhagem distinta dentro da rica biodiversidade da Caatinga brasileira. Este entendimento não apenas enriquece nosso conhecimento sobre a família Anacardiaceae, mas também contribui para o estudo mais amplo da evolução e especiação de plantas.

4.2 Mapeamento científico

Foram encontrados 52 artigos na base Scopus e 50 artigos na base de dados Web of Science. Após a triagem do material, selecionando somente os artigos que tratavam da espécie *Spondias bahiensis* e eliminando os arquivos duplicados, chegou-se ao número de 9 artigos científicos juntando as duas bases de dados. A taxa de crescimento anual foi de 18.92 %,

publicando um máximo de 3 artigos nos anos de 2018 e 2019. Os artigos foram encontrados em 8 fontes (periódicos), tendo a Revista Brasileira de Genética o maior número de publicações (2), quanto ao restante Heliyon; Journal of Genetics; Mitochondrial DNA Part B: Resources; Molecular Biology Reports; Química Nova; Semina: Ciências Agrárias (1). O periódico, mais representativo, foi o com maior índice H (2).

Os documentos foram escritos por 49 autores, com valor médio de 0,18 documentos por autor. Todos os documentos possuíam autoria múltipla. Quanto a colaboração dos autores, houve 5,44 autores por documento, 5,78 coautores por documento e um índice de colaboração de 5,44 que indica o nível de colaboração dos trabalhos a partir da razão entre autores por documento e o índice de colaboração, indicando a presença . A estrutura intelectual das publicações sobre *Spondias bahiensis* foi avaliada pela rede de cocitação de artigos (Figura 3) visualizada abaixo.

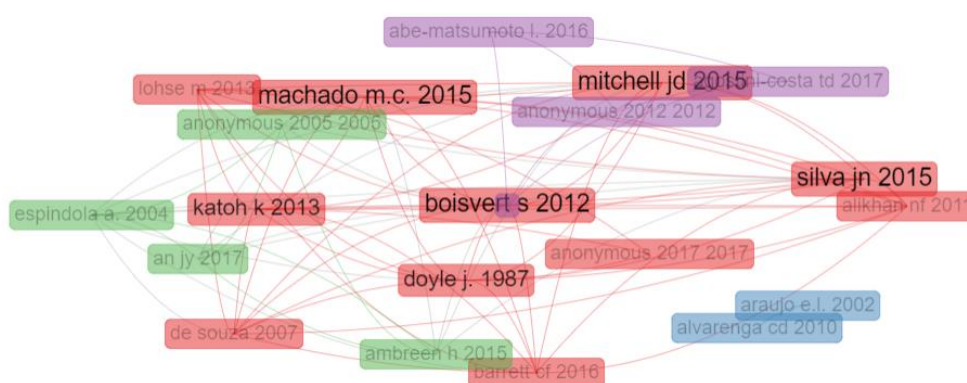


Figura 3: Rede de cocitação de documentos relacionados com. *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado. Fonte: Autor.

A partir da cocitação de referências entre os estudos e processamento da rede de cocitação, observou-se quatro temas de pesquisa, representadas nas cores azul; verde; vermelho e roxo (Figura 3) (Aria e Cuccurullo, 2017).

Correspondendo a área temática entomologia (azul-Figura 3) encontra-se isolado o estudo de Coelho et al., (2020), que faz o primeiro registro de parasitismo das espécies, *Anastrepha obliqua* (Macquart) conhecida como mosca da fruta e de *Pachycrepoideus vindemmia* Rondani (Pteromalidae). A espécie *Pachycrepoideus vindemmia* pertence a ordem Hymenoptera, considerada um ectoparasitoide generalista, responsável pelo controle populacional de muitas espécies de díptera. No estudo, Coelho et al., (2020) sugere que lacunas

como a utilização da espécie *Spondias bahiensis* como meio efetivo de controle ecológico de dípteras sejam exploradas em estudos futuros.

A área temática representada pela cor (verde-Figura 3) foi definida como micro-satélite, filogenética e hibridização, contendo dois trabalhos dentro da rede, com o protagonismo de Balbino et al., (2019) que criou marcadores de micro-satélite a partir da espécie *Spondias tuberosa*, e comprovou a eficácia destes em testes congêneres, reafirmando a origem púrica do hibridismo de *Spondias bahiensis*.

Representando a cor (vermelha-Figura 3) temos a área temática com mais cocitação entre os estudos, abordando os temas: sequenciamento genômico, filogenética e hibridização. Destacam-se dentro destes temas Nobre et al., (2018) cujo através de diversas análises genéticas, dentre elas (SNP), a caracterização de nrDNA, núcleo e do cloroplasto, afim de elucidar a o problema filogenético apresentado para *Spondias bahiensis* até então, chegando à conclusão que o mesmo é um híbrido que derivou seu cloroplasto de *Spondias tuberosa*. Santos e Almeida, (2019) foram os primeiros a reportar o sequenciamento genômico completo para as espécies *Spondias bahiensis*; *Spondias tuberosa*; *Spondias mombini*, e obtiveram as mesmas conclusões sobre a origem híbrida de *Spondias bahiensis*.

A última área temática de cor (roxo-Figura 3), aborda temas no que circunscreve a química, nutrição e bioprospecção, representado apenas por um estudo, que trouxe informações sobre a quantia de vitaminas e compostos orgânicos de plantas frutíferas pertencentes a agrobiodiversidade nordestina, dentre elas o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) demonstrou-se valiosa quanto a presença de alguns nutrientes dentre eles a provitamina A (de Assis et al., 2020).

Os trabalhos não apresentaram colaboração entre autores e instituições de países diferentes. Contudo para avaliar a estrutura social foi registrado o nome das instituições responsáveis pelos estudos e elaborado um mapa com base no registro do número de instituições por país, conforme visualizado abaixo no mapa de registro de instituição de pesquisa por país (Figura 4):



Figura 4: Mapa de registro de produção científica por país elaborado a partir do software Biblioshiny. Fonte: Autor.

Indicando a presença das instituições responsáveis pela pesquisa temos: Brasil (12 universidades); China (1 universidade) e Coreia do Sul (1 universidade; 2 empresas) (Figura 4).

Com base no número de colaborações entre os institutos de pesquisa foi observado a formação de algumas comunidades científicas, foram elas: a) autores da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB); b) autores da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); c) pesquisadores da empresa ILSONG Environment Restoration co. LTD. (ILSONG ERT), Phyzen Genomics Institute e da Universidade Nacional de Seoul (SNU); d) autores da Universidade Federal do Piauí, (UFPI), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

A estrutura conceitual obtida para *Spondias bahiensis* foi avaliada a partir do mapa temático, do qual obtivemos a correlação de densidade e relevância das palavras-chave através da cocitação e aglomerando-as através da co-ocorrência, visualize a seguir (Figura 5). A partir do mapa temático, podemos estabelecer quatro áreas temáticas diferentes de acordo com sua densidade e relevância.

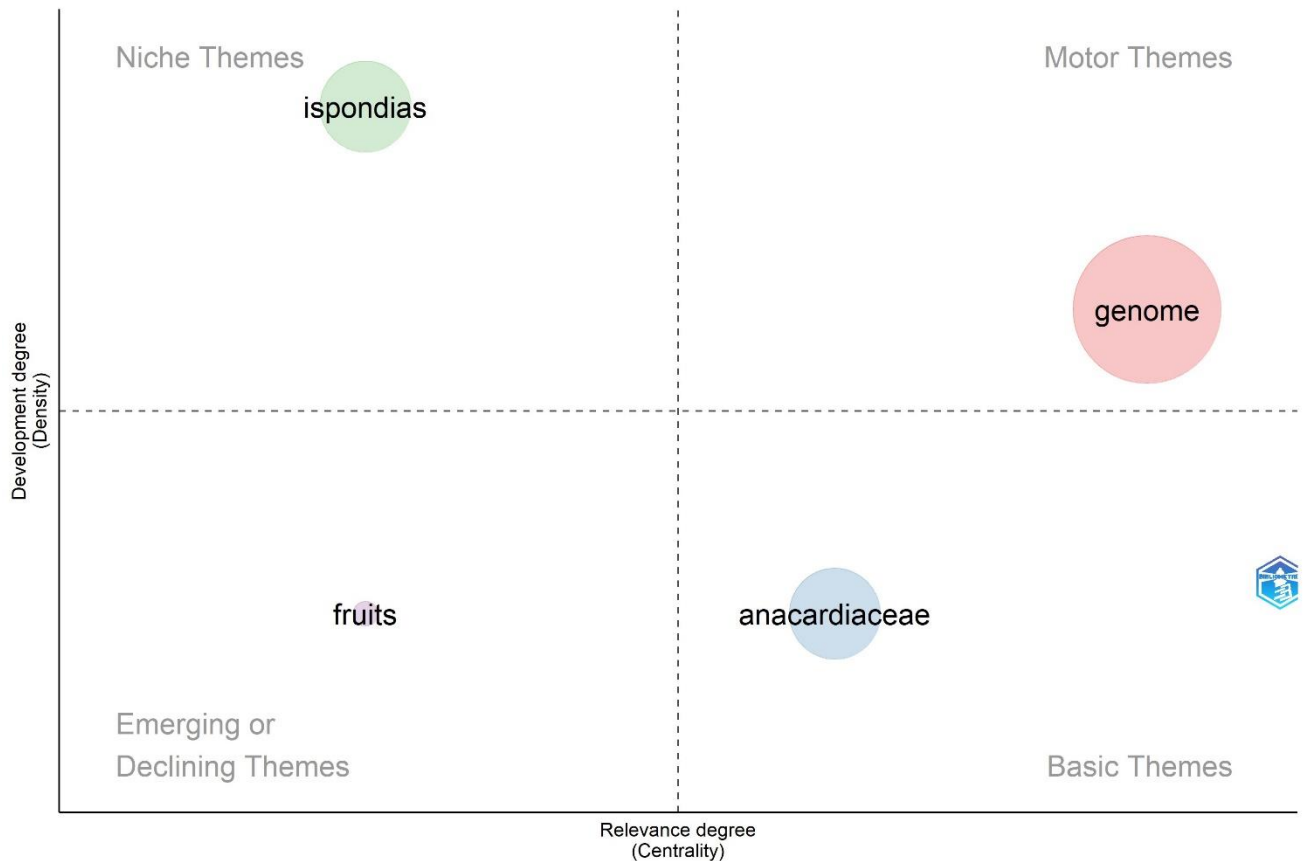


Figura 5: Mapa temático *Spondias bahiensis* representando os quadrantes de relevância com os agrupamentos de palavras-chave. Mapa elaborado no Biblioshiny. Fonte: Autor.

A área temática indicada como “Emerging or Declining Themes” indicam temas que ocorrem em poucos estudos e que não são focados nos estudos que aparece, como exemplo de palavra-chave (frutas): englobou a área temática relacionada a características de *Spondias bahiensis* quanto à estudos com foco em potenciais ecológicos e nutricionais da fruta, como no estudo de de Assis et al., (2020), que aborda as características químicas e nutricionais do fruto.

No quadrante superior esquerdo “Niche Themes”, encontram-se estudos muito densos sobre as palavras-chave, porém poucos estudos com esse nível de densidade, indicando assim estudos especializados e menos recorrentes sobre o tema, a exemplo a palavra-chave (spondias e bahiensis): englobou estudos que repetiam muitas vezes as palavras “spondias” e “bahiensis”, tivemos poucos estudos focados em descrever a planta a exemplo Brandão et al., (2018), que indica o uso do umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) como potencial recurso para bebidas fermentadas. No estudo o foco é direcionado para a economia por trás do empreendimento deste produto.

No quadrante inferior direito, “Basic Themes”, área temática conhecida como básica,

ou seja, possui pouco foco nos estudos, porém é abordado em muitos. A área temática encontrada para as palavras-chave (“anacardiaceae” e “species”) engloba estudos focados em muitas espécies da família Anacardiaceae, e com foco normalmente em suas características genéticas, a exemplo (Balbino et al., 2019), que desenvolveu 18 marcadores microsatélites genéticos (SSR- Simple Sequence Repeats), para o gênero *Spondias*, embasando-se em estudos feitos com a família Anacardiaceae.

Por fim, o quadrante superior direito, “Motor Themes”, indicam estudos que possuem alta densidade em muitos estudos, considerados temas motores para *Spondias bahiensis*. A exemplo temos a palavra-chave (“genome” e “chloroplast”), estão em alta densidade na maioria dos estudos, principalmente nos estudos que abordam genética e filogenética. Como exemplo temos os estudos (Abla et al., 2019; Lee et al., 2016; Santos e Almeida, 2019), que abordam filogenética a partir da comparação dos genes presentes no cloroplasto, além de levantarem mais dados genéticos para base de dados de cloroplastos e de aumentarem a relevância de estudos feitos a partir destas técnicas, visto que o cloroplasto possui genes curtos, de fácil sequenciamento, e que são resistentes a mutações ao longo do tempo, por possuírem altos níveis de guanina-citosina, indicando alta taxa de codificação proteica.

4.3 Mapeamento tecnológico

Não foram encontradas, nos bancos de dado pesquisados, patentes para a espécie *Spondias bahiensis*, porém foi notado durante a pesquisa que haviam patentes após 2015 (data da descrição da espécie) que não continham o nome científico aceito (*Spondias bahiensis*) ou que utilizavam o nome (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*).

4.4 Mapeamento de dados moleculares

O levantamento de dados moleculares para *Spondias bahiensis* resultou em 522 sequências de nucleotídeos carregadas a partir do Gbank e 324 proteínas. Para visualizar melhor observe a seguir o comprimento das sequências de nucleotídeos (Figura 6).

No gráfico podemos ver as sequências de nucleotídeos obtidas pelo banco de dados e seus respectivos comprimentos, onde as sequências estão enumeradas de 1-522 no eixo x e o

comprimento de 1622-365 pares de base (Figura 6). A média de comprimento das sequências de nucleotídeos observada foi de 1256 pares de base.

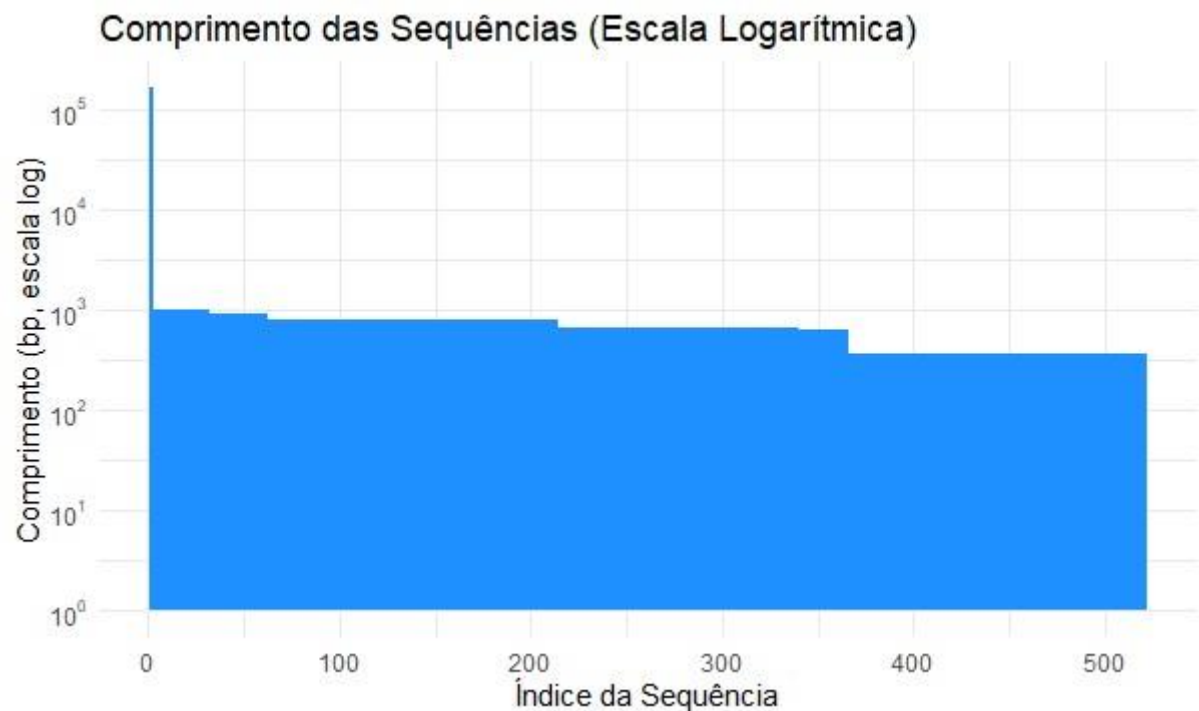


Figura 6: No eixo (y) temos o comprimento das sequências de nucleotídeos em escala de log, e no eixo (x) os nucleotídeos representados de 1-522, elaborado através do software R Fonte: Autor.

Foi levantado o número de genes identificados para *Spondias bahiensis* a partir do Gbank, totalizando 130 genes diferentes, dividindo pela média de comprimento das sequências de nucleotídeos, 1256 pares de base, totalizou 5.043 pares de bases por gene. O número bruto de pares de bases levantados foi de 655.632 pares de bases.

Para verificar as propriedades do nucleotídeo, foi analisado o conteúdo GC (guanina-citosina), que indica o nível de estabilidade térmica da sequência em questão bem como a resistência a mutação, indicando uma qualidade de maior resiliência para a genética da espécie, visualize abaixo (Figura 7):

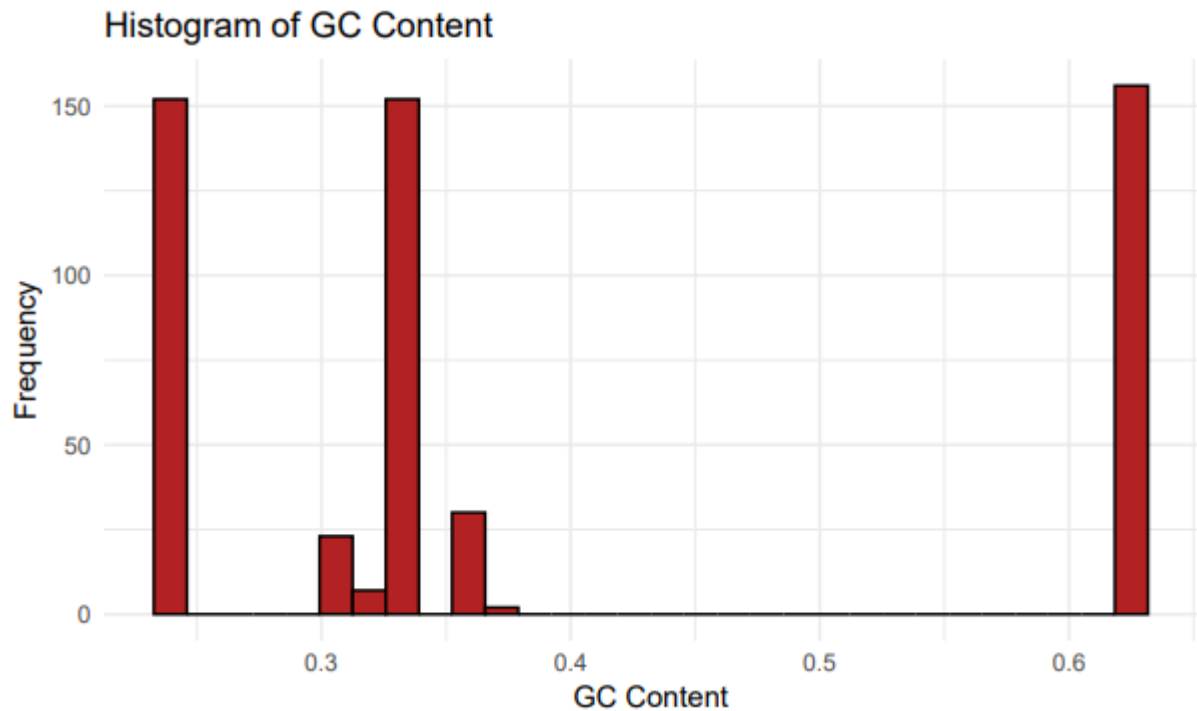


Figura 7: Gráfico de conteúdo GC (guanina-citosina). Fonte: Autor.

A importância de levantar esses dados genéticos se dá por disponibilizá-los para futuras comparações entre organismos ou novos mapeamentos de dados moleculares para a espécie.

As 324 proteínas amostradas, foram agrupadas, pelo próprio software do banco de dados, em grupos proteicos, a fim de reunir variantes de proteínas de mesmo tipo para melhor visualização da pesquisa. Foram levantados 84 grupos de proteínas idênticas, dentre os grupos vale destacar alguns de suma importância: ATP sintase; citocromo b; proteína ribossomal; fotosistema I e fotossistema II. Esses grupos proteicos são de suma importância para o funcionamento fisiológico das plantas.

5. CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica dos dados através da análise e bibliometria para espécie *Spondias bahiensis* revela um cenário científico escasso visto a importância da espécie no país, foram levantados nove artigos publicados na Scopus e Web of Science que mencionam seu nome científico. Desses nove artigos, somente três apresentaram como objeto de estudo principal a espécie *Spondias bahiensis* (Brandão et al., 2018; Nobre et al., 2018; Santos; Almeida, 2019).

Dos seis artigos que não abordaram a espécie como tema central, temos dois artigos estrangeiros (China e Coreia), e quatro documentos que estudaram espécies da família, bioma ou gênero da planta. Isso implica em sérios problemas acerca do futuro da espécie, visto que *Spondias bahiensis* é classificada como em risco de extinção (EN), e é uma planta largamente utilizada no extrativismo, logo a falta de conhecimento registrado para esta espécie ameaça não somente ela, como todas as comunidades extrativistas e comunidades rurais que a utilizam.

A abundância de dados genéticos e moleculares se faz não somente nos bancos de germoplasma, como também nas pesquisas sobre o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*), dados estes que servem para produzir estratégias de conservação, visando a variabilidade genética e armazenamento e conservação da espécie.

A falta de patentes, indica um foco limitado nas aplicações práticas e conservacionistas desta espécie. Este estudo destaca a necessidade crítica de expandir a pesquisa para cobrir aspectos agronômicos, etnofarmacológicos e de conservação, que são essenciais para aproveitar plenamente o potencial da *Spondias bahiensis*, garantindo sua preservação e valorização sustentável no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLA, Merhaba *et al.* Characterization of the complete chloroplast genome of *Nitraria tangutorum*, a desert shrub. **Journal of Genetics**, [s. l.], v. 98, p. 91, 2019.

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de *et al.* Medicinal plants of the *caatinga* (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 114, n. 3, p. 325–354, 2007.

ARAÚJO, R. R. de.; SANTOS, E. D. dos.; FARIAS, D. B. dos S.; LEMOS, E. E. P. de.; ALVE, R. E. *Spondias bahiensis*: Umbu-cajá. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. p. 279-286. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/fauna-e-flora/copy_of_LivroNordeste21122018.pdf, Acesso em: 08 abr. 2024.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

BALBINO, E. *et al.* Genome survey and development of 18 microsatellite markers to assess genetic diversity in *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (Anacardiaceae) and cross-amplification in congeneric species. **Molecular Biology Reports**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064262563&doi=10.1007%2fs11033-019-04768-w&partnerID=40&md5=d9e0753bbd45332ba65aa44034db0cfb>.

BRANDÃO, T.S.O. *et al.* Economic and financial feasibility study for the implementation of a micro industry producing umbu-caja (*Spondias bahiensis*) fermented alcoholic beverage. **Custos e Agronegócio**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 2–20, 2018.

BRASIL. **Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10, de 21 de julho de 2021**. Institui lista de espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados. DF, Brasília: Diário Oficial da União, 22 jul. 2021.

BRASIL. Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022. **Atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção**, p. 3, 2022.

CEVALLOS FERRIZ, SERGIO R. S.; MARTÍNEZ MILLÁN, MARCELA. **Arquitectura Foliar De Anacardiaceae**. [s. l.], 2005.

COELHO, J.B. *et al.* Frugivorous flies and their parasitoids associated with native fruits in an urban area. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 1053–1060, 2020.

COLE, Theodor CH; HILGER, Hartmut H. **Angiosperm phylogeny poster–flowering plant systematics**. 2016.

CORREIA, Suzimone de J.; DAVID, Juceni P.; DAVID, Jorge. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, [s. l.], v. 29, p. 1287–1300, 2006.

DE ASSIS, R.C. *et al.* Determination of water-soluble vitamins and carotenoids in Brazilian tropical fruits by High Performance Liquid Chromatography. **Heliyon**, [s. l.], v. 6, n. 10, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094605369&doi=10.1016%2fj.heliyon.2020.e05307&partnerID=40&md5=305ee90b315a6b62a2e3c53f9eff2a95>.

DE SOUZA ALMEIDA, C.C.; DE LEMOS CARVALHO, P.C.; GUERRA, M. Karyotype differentiation among *Spondias* species and the putative hybrid Umbu-cajá (Anacardiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, [s. l.], v. 155, n. 4, p. 541–547, 2007.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P. de. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, [s. l.], v. 174, 2020. Disponível em: <https://consensus.app/papers/plant-checklist-brazilian-caatinga-seasonally-forests-fernandes/1420fd8c635c55229999046419a79c0e/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

GIULIETTI, Ana Maria *et al.* Biodiversity and Conservation of Plants in Brazil. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 632–639, 2005.

KOCH, Robert; ALMEIDA-CORTEZ, Jarcilene S.; KLEINSCHMIT, Birgit. Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. **Journal for Nature Conservation**, [s. l.], v. 35, p. 24–39, 2017.

LEE, Y.S. *et al.* The complete chloroplast genome sequence of *Rhus chinensis* Mill (Anacardiaceae). **Mitochondrial DNA Part B: Resources**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 696–697, 2016.

MACHADO, M. C.; CARVALHO, P. C. L.; BERG, C. Van Den. **DOMESTICATION, HYBRIDIZATION, SPECIATION, AND THE ORIGINS OF AN ECONOMICALLY IMPORTANT TREE CROP OF SPONDIAS (ANACARDIACEAE) FROM THE BRAZILIAN CAATINGA DRY FOREST**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: www.neodiversity.org.

MITCHELL, John D.; DALY, Douglas C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, [s. l.], v. 55, p. 1–92, 2015.

NOBRE, L.L.M. *et al.* Phylogenomic and single nucleotide polymorphism analyses revealed the hybrid origin of *Spondias bahiensis* (family Anacardiaceae): De novo genome sequencing and comparative genomics. **Genetics and Molecular Biology**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 878–883, 2018.

NUNES, Valdinete Vieira. **Estudos genéticos-genômicos em *Hancornia speciosa* Gomes : árvore medicinal e frutífera nativa da América do Sul**. 2021. Tese (doutorado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), 2021. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/17967>. Acesso em: 3 abr. 2024.

NUNES, Valdinete Vieira *et al.* Pharmaceutical, food potential, and molecular data of *Hancornia speciosa* Gomes: a systematic review. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 525–543, 2022.

OLIVEIRA, Geórgia Fernanda *et al.* Are conservation units in the Caatinga biome, Brazil, efficient in the protection of biodiversity? An analysis based on the drosophilid fauna. **Journal for nature conservation**, v. 34, p. 145-150, 2016.

OLIVEIRA, Ubirajara *et al.* Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 9141, 2017.

SAMEH, Salma *et al.* Genus *Spondias*: A Phytochemical and Pharmacological Review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 2018, p. e5382904, 2018.

SANTOS, V.; ALMEIDA, C. The complete chloroplast genome sequences of three *Spondias* species reveal close relationship among the species. **Genetics and Molecular Biology**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 132–138, 2019.

SCARANO, Fabio Rubio. Perspectives on biodiversity science in Brazil. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 64, n. 4, p. 439–447, 2007.

SCHULZE-KAYSERS, N.; FEUEREISEN, M. M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds in edible species of the Anacardiaceae family – a review. **RSC Advances**, [s. l.], v. 5, n. 89, p. 73301–73314, 2015.

SILVA, Josué Francisco da *et al.* Collecting, ex situ conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin*×*Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [s. l.], v. 51, n. 4, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/b:gres.0000023462.99118.00>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SILVA, Ana Cecília da Cruz. **Lacunas e perspectivas para o uso sustentável das espécies da sociobiodiversidade brasileira**. 2023. 183 f. Tese (doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), 2023. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/17357>. Acesso em: 3 abr. 2024.

SILVA, Ana Cecília Da Cruz *et al.* Panorama do Desenvolvimento Biotecnológico de Espécies da Sociobiodiversidade: *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC., *Myrcia polyantha* (Kunth) DC., *Neomitranthes obtusa* Sobral & Zambom e *Psidium guineense* Sw. **Cadernos de Prospecção**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 1260–1275, 2022.

SOUZA, Francisco Xavier De; PORTO FILHO, Francisco De Queiroz; MENDES, Nougla Veloso Barbosa. **Umbu-cajazeira: descrição e técnicas de cultivo**. [S. l.]: EdUFERSA, 2020. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/k4gdn>. Acesso em: 3 abr. 2024.

THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/en>. Acesso em: 8 abr. 2024.

ZUPIC, Ivan; ČATER, Tomaž. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 429–472, 2015.