



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**DIVERSIDADE GENÉTICA E CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES
DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)**

Área do conhecimento: Ciências Agrárias
Subárea do conhecimento: Melhoramento de plantas
Especialidade do conhecimento: Caracterização de recursos genéticos

Relatório Final
Período da bolsa: de (Agosto 2021) a (Agosto 2022)
Este projeto foi desenvolvido com bolsa de iniciação científica
PIBIC/CNPq

Orientador: Renata Silva Mann
Autor: Maria Suzana Oliveira da Silva

SUMÁRIO

RESUMO	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Caracterização taxonômica e descrição botânica.....	5
2.2. Importância socioeconômica do umbuzeiro	5
2.3. Origem e distribuição geográfica.....	6
2.4. Propagação e reprodução	7
2.5. Caracterização dos frutos.....	7
2.5.1 Biometria	7
2.5.2 Distribuição de cores	8
2.5.3 Análise de imagens na caracterização dos frutos	9
2.6. Diversidade genética do umbuzeiro.....	9
2.7. Conservação do umbuzeiro.....	9
3. OBJETIVO.....	12
3.1. Objetivos específicos que contam no plano de trabalho.....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Análise bibliométrica.....	12
4.2. Modelagem de distribuição potencial	13
4.3. Caracterização morfológica de frutos e endocarpos	13
4.4. Extração de DNA.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1. Análise bibliométrica para avaliação da distribuição potencial.....	19
5.2. Modelagem de distribuição potencial	22
5.3. Caracterização morfológica de frutos e endocarpos	23
5.4. Extração de DNA.....	25
6. CONCLUSÕES.....	28
7. PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS.....	29
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
9. OUTRAS ATIVIDADES.....	34

RESUMO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma árvore espontânea do Semiárido Nordestino que se destaca por seu potencial socioeconômico, cultural. Considerando as possíveis perdas de genótipos pelas degradações ambientais e extrativismo desenfreado, com o trabalho objetivou-se a modelagem de distribuição Geográfica, bem como a caracterização dos frutos e endocarpos do umbuzeiro; e complementarmente se avaliou métodos de extração de DNA de umbu em Sergipe visando futuros trabalhos de diversidade genética. Na modelagem de distribuição potencial empregou-se dados do Herbário Virtual da Flora e dos Fungos e obtenção das camadas bioclimáticas na plataforma *WorldClim* (de 1970 a 2000). Os dados foram analisados no programa *Maxent* e importados no *ArcMap* para elaboração de mapa de distribuição potencial do umbuzeiro em Sergipe. Para caracterização fenotípica realizou-se a coleta de frutos em 14 matrizes nativas no povoado Lagoa dos Trigos, em Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Os frutos e endocarpos foram submetidos a análises de biométricas em equipamento de análise de imagem *GroundEye S8*. A extração de DNA foi realizada com folhas jovens armazenadas submetidas a quatro protocolos. A maior ocorrência por predição da espécie é em municípios pertencentes ao semiárido Sergipano (microrregiões Agreste Central, Médio e Alto Sertão Sergipano). Pela biometria foi possível a identificação de genótipos com potencial para uso no pré-melhoramento com médias de comprimento de 3,51 cm e largura 2,96 cm nos frutos. As amostras de DNA obtidas apresentaram concentração variando de 44,0 a 530 ng/μL; e relação 260/280 de 0,7 a 2,47 com 10 matrizes com padrões abaixo qualidade abaixo dos padrões. Apesar da UFS está em terceiro lugar entre as Universidades que mais estudaram a espécie, nos últimos cinco anos apenas 5 trabalhos foram publicados, relacionados ao potencial do umbuzeiro para a indústria; e faltam conhecimentos específicos sobre recursos genéticos. Assim, diante dos resultados obtidos e considerando as perspectivas para continuidade dos estudos, este trabalho abre lacunas para a caracterização dos frutos de umbuzeiro de outros Municípios de acordo com os pontos com maior probabilidade de ocorrência da espécie com base no mapa de distribuição potencial. Quanto à extração de DNA, o grande desafio é o ajuste nos protocolos de extração visando obter material de qualidade para futuros estudos genéticos em nível de diversidade.

Palavras-chave: DNA, modelagem, biometria.

1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Anacardiaceae, *Spondias tuberosa*, também conhecida como umbuzeiro, é uma árvore de porte médio (BARBOSA *et al.*, 2020), com ocorrência espontânea nos nove estados que compõem a região semiárida do Nordeste Brasileiro, inclusive em Sergipe (SANTOS, JUNIOR; PRADO, 2012).

O umbuzeiro, destaca-se por seu potencial socioeconômico, cultural e ambiental para o Nordeste, principalmente por suas raízes tuberosas, capaz de armazenar água para ser transportada pelo xilema, mantendo suas folhas e frutos verdes em meio a seca, sendo uma fonte de refúgio para a sobrevivência dos sertanejos e matéria prima para diversos produtos agroindustriais (MATOS *et al.*, 2020). As degradações ambientais severas no sertão é um problema para a espécie, devido á fragmentação de área nativa e o modelo de exploração extrativista desenfreado, além das restrições climáticas do Semiárido que provocam a desertificação, são fatores responsáveis por perdas de genótipos antes mesmo de serem estudados (MERTENS *et al.*, 2017).

Mesmo o umbuzeiro apresentando estruturas de reservas como estratégias de sobrevivência na seca prolongada, é uma espécie que também pode chegar à morte por restrição hídrica (MERTENS *et al.*, 2020). Essa limitação pode resultar na diminuição da ocorrência da espécie e na baixa produtividade das matrizes.

Os frutos são colhidos de maneira predominantemente extrativista e comercializados na forma *in natura* em feiras livres municipais, rodovias e destinados para a indústria farmacêutica, alimentícia na fabricação de sucos, polpas, doces e geleias, indústrias madeireira, ou seja, todas as partes da árvore do umbuzeiro tem uso comercial (PEREIRA *et al.*, 2021).

O fruto, órgão de maior interesse por consumidores internos, apresenta alta perecibilidade o que diminui o tempo de prateleira e aumenta ainda mais a necessidade de estudos voltados a caracterização dos frutos para as possibilidades de comercialização dos frutos *in natura* para estados mais distantes e exportação internacional (SILVA *et al.*, 2015).

No estado de Sergipe, o qual o estudo se aplica, são quase inexistentes os conhecimentos em relação ao umbuzeiro, principalmente quanto à diversidade genética e caracterização dos fenótipos. Baseado nessa importância com este estudo objetivou-se a

modelagem de distribuição geográfica, a caracterização dos frutos e endocarpos do umbuzeiro; e complementarmente se avaliou métodos de extração de DNA de umbu, com perspectivas para futuros trabalhos de caracterização genotípica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização taxonômica e descrição botânica

Spondias tuberosa, também chamado de umbuzeiro, tem seus frutos conhecidos como umbu e imbu, que deriva do termo em tupi-guarani “y-mb-u”, e significa “árvore que dá de beber” devido às suas raízes que armazenam água (RIBEIRO *et al.*, 2021). O umbuzeiro faz parte do grupo de plantas pertencentes à família Anacardiaceae, representada por cerca de 80 gêneros, compreendido por 800 espécies tropicais, sendo *Spondias* um gênero com cerca de 18 espécies nativas (MITCHELL; DALY, 2015).

A árvore do umbuzeiro é de pequeno porte, caule lenhoso e apresenta em suas raízes túberosas, que são utilizadas como estruturas de armazenamento de água e minerais (MATOS *et al.*, 2020). Os frutos são do tipo drupa, apresentam cor do verde ao amarelo alaranjado e dividem-se em 3 partes: o epicarpo (casca), mesocarpo (polpa) e endocarpo (caroço) (LIMA; SILVA; OLIVEIRA, 2018). Apresenta folhas compostas do tipo alternas e imparipenadas (PIRES *et al.*, 2020).

2.2. Importância socioeconômica do umbuzeiro

A vegetação do semiárido é um dos componentes de grande potencialidade para o sertão integrado aos demais elementos promotores do desenvolvimento. Neste contexto, destaca-se o umbuzeiro, espécie secular que apresenta grande importância por suas características estruturais e fisiológicas de resistência à seca, exerce um papel socioeconômico, além de ser fonte de alimento, base para produtos industriais, farmacêuticos, medicinais e agropecuários (MERTENS *et al.*, 2017).

O extrativismo, forma de exploração da espécie, representa uma alternativa essencial na obtenção de renda, principalmente para agricultores familiares do nordeste que sofrem a escassez de recursos hídricos para o cultivo de diversas culturas no período de seca. O umbuzeiro possui como característica adaptação às condições climáticas de prolongadas

estiagens no semiárido brasileiro, onde condensa o estágio de maturação dos frutos nos na estação de verão, sendo o meio de sobrevivência de muitas famílias na região (MERTENS *et al.*, 2015).

Os frutos geralmente são consumidos *in natura*, forma na qual são frequentemente comercializados em feiras livres ou em bancas nas rodovias das regiões onde a espécie ocorre, obtidos por meio da colheita manual. O umbu é um fruto climatérico, assim, a colheita deve ser realizada no início da maturação fisiológica para melhores índices dos metabólitos (SILVA *et al.*, 2017) e para manter os índices nutricionais da sua composição como o potássio (140 mg/kg), cálcio (25 mg de Ca/kg), magnésio (12 mg/kg) (LETERME *et al.*, 2006) e vitamina C, recomendada para utilização nutricional na dieta humana e animal (GOUVÊA *et al.*, 2017).

Uma forma de aproveitamento dos frutos para alimentação saudável humana é a partir do processamento do fruto por meio da extração da polpa. A polpa, por possuir macro e micronutrientes como a vitamina C (ácido ascórbico) (ALMEIDA *et al.*, 2011), é um excelente antioxidante para a prevenção de várias doenças crônicas (SPÍNOLA; LLORENTE-MARTÍNEZ; CASTILHO, 2014). Visando potencializar essas propriedades, estudos são realizados para o tratamento com algumas enzimas como a pectinaase e pectinase TF, para a diminuição da viscosidade do umbu, para evitar que ocorra uma diminuição dos teores de vitamina C no processamento (GOUVÊA *et al.*, 2017) e manter a fruta viável para a fabricação de polpas e sucos.

Além da fabricação de polpas, a produção de doces de umbu é muito comum no Nordeste. Porém essa prática é limitada devido à necessidade da padronização dos frutos, uma vez que a exploração extrativista demasiada acaba favorecendo a desuniformidade dos frutos nas safras seguintes e limitando assim, a comercialização.

Estudos foram iniciados, envolvendo genótipos do umbuzeiro importantes na produção de doces para contribuição na possibilidade de implantação de áreas cultivadas para a indústria e conservação da espécie que pertence a um bioma que está ameaçado de extinção (SANTOS *et al.*, 2021).

2.3. Origem e distribuição geográfica

O umbuzeiro é uma árvore frutífera nativa do Brasil que ocorre por toda região

semiárida do nordeste, desde o Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, ao norte de Minas Gerais e em Sergipe (ALMEIDA; FABRICANTE, 2021).

2.4. Propagação e reprodução

A propagação por sementes da espécie tem apresentado algumas dificuldades devido à dormência das sementes, como a época juvenil mais longa, o que estende ainda mais o intervalo de tempo para a primeira frutificação e a heterozigose alta dos frutos, o que dificulta a uniformidade dos frutos de umbuzeiro. A reprodução sexuada é recomendada para produção dos portas enxertos que serão utilizados na reprodução assexuada. A reprodução assexuada por enxertia, no caso do umbuzeiro torna-se viável pela facilidade na formação dos xilopódios para garantir maior probabilidade de sobrevivência das mudas, frutos uniformes e materiais genético idênticos a fim de transferir os caracteres desejáveis (FONSECA *et al.*, 2019).

Estudo realizado por Machado (2015), relatou a presença da poliploidia para a espécie umbuzeiro, alterações na sua morfologia que funcionam como um isolamento reprodutivo numa determinada área, podem auxiliar e contribuir na seleção das características de interesse. Sendo assim, a espécie com potencial para ser domesticada, possui sementes do tipo ortodoxas, podendo ser armazenadas a longo prazo, sem perder o seu vigor germinativo (MACHADO *et al.*, 2015).

2.5. Caracterização dos frutos

2.3.1 Biometria

A biometria é classificada como o uso de métodos estatísticos e ferramentas de medição, da área da biologia, para estudos das características físicas. Essa análise fornece dados para a identificação de variações genéticas entre espécies do mesmo gênero e a distribuição geográfica no ambiente e as mudanças fenotípicas que ocorrem dentro dessas populações submetidas a regiões com condições climáticas, aptidão do solo e dispersão de chuvas diferentes (CONCEIÇÃO; BARROS, 2020).

Devido ao seu potencial agroindustrial, o umbuzeiro tem despertado expressivo interesse econômico. Por isso, torna-se indispensável à caracterização fenotípica, a fim de auxiliar na seleção de frutos atrativos aos padrões do mercado interno e externo, bem como entender as mudanças nos frutos ocasionadas pelo ambiente em populações da espécie (PEREIRA *et al.*, 2021).

No Estado de Sergipe, onde a espécie ocorre naturalmente, informações de biometria dos frutos são escassas. Logo, obter informações biométricas dos frutos e endocarpos podem fornecer informações que auxiliem na seleção de genótipos para o melhoramento genético e que tenham maior aproveitamento no mercado ou que atendam as exigências para exportação. O melhoramento genético resulta no melhor aproveitamento de frutos pela indústria, e como consequência atrai investimentos destinados à execução de um manejo adequado com novas tecnologias como ocorre na região da Paraíba (MARQUES; FREITAS, 2020).

2.3.2 Distribuição de cores

Na fruticultura, a cor dos frutos está relacionada às características sensoriais como a aparência, aroma, consistência e sabor. Isso se reflete na aceitação pelo consumidor. Os frutos apresentam grande variação quanto à cor dependendo do estágio de maturação, entre e dentro de populações naturais e em ambientes com diferentes características (TAIZ *et al.*, 2015).

Durante o estágio de maturação de um fruto ocorre a diminuição dos pigmentos pelas clorofilas e produção de etileno que resulta, naturalmente, na perda da cor verde e o surgimento das cores amarela, vermelha e laranja. Outros aspectos relevantes a mudança da cor, está na sensibilidade da clorofila a luz, aquecimento, oxigênio, a degradação química, o desequilíbrio do pH, os processos enzimáticos da clorofilase e oxidantes, bem como, a exposição de frutos a diferentes condições climáticas (TAIZ *et al.*, 2017).

A coloração dos frutos continua sendo estudada também como um determinante da qualidade de acordo com seu estágio de maturação. Além de ser fundamental no direcionamento da escolha pelo consumidor e sinalizar para alterações possíveis que possam ocorrer nos períodos de armazenamento, tempo de prateleira (MOTTA *et al.*, 2015).

2.3.3 Análise de imagens na caracterização dos frutos

A imagem digital é uma representação de uma matriz numérica bidimensional onde cada segmento pontual dela corresponde a um pixel. Cada dimensão da matriz compreende uma das três cores elementares, que pode ser vermelho, verde e azul, e a proporção destas cores produz a intensidade do pixel (KALAIVANI; MURUGANAND; PERIASAMY, 2013).

O equipamento *GroundEye* (Tbit®) é um aparelho de captação de imagens, composto por esteira transportadora e uma câmara de captação de imagem, aliado ao programa GE. Para se ter o processamento da imagem digital, quatro etapas são necessárias: captura da imagem, pré-processamento, segmentação e análise. A captura da imagem é feita com o auxílio de câmera fotográfica e é nesta etapa que ocorre a digitalização da imagem (GOLFI ANDRIAZZI *et al.*, 2020).

O *GroundEye* permite que a aquisição das imagens seja realizada de duas maneiras: realiza-se apenas a captura da imagem e depois a análise, ou ambos ao mesmo tempo.

2.6. Diversidade genética do umbuzeiro

O umbuzeiro faz parte exclusivamente do semiárido brasileiro, onde encontra-se uma vasta diferenciação fenotípica da espécie mesmo com as diferenças edafoclimáticas. Dentre as espécies frutíferas nativas de ocorrência natural no bioma Caatinga no Nordeste do Brasil, o umbuzeiro é a que detém maior atenção quanto aos bancos genéticos, pois possui uma Coleção de Base depositada na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em temperatura sub zero, representada por 1.360 indivíduos de ocorrência espontânea em 17 diferentes ecorregiões do Semiárido. Além de um Banco Ativo de Germoplasma formado por mais de 74 acessos clonados de indivíduos com características fenotípicas contrastantes, particularmente nos frutos, os quais estão localizados na Embrapa Semiárido em Petrolina-PE (QUEIROZ *et al.*, 2011).

2.7. Conservação do umbuzeiro

Listada como uma das plantas do semiárido brasileiro que pode estar sendo ameaçada

de extinção por diversos fatores, principalmente a fragmentação florestal e exploração extrativista, a espécie apresenta escassez de informações genéticas e manejo. Para a conservação da espécie torna-se urgente o avanço das pesquisas que possam resultar no melhoramento e informações genéticas que irão desencadear todos os outros processos para um modo de produção. O umbu poderá ser bastante reduzido em toda região semiárida do Brasil, caso as condições climáticas e o controle da supressão de indivíduos continuarem aumentando durante os próximos anos. Em algumas regiões onde existe alta distribuição da cultura, como é o caso de Pernambuco e da Bahia, pode ocorrer uma diminuição e nas áreas com baixa ocorrência hoje no futuro podem não existir (ALMEIDA *et al.*, 2011).

A preservação e equilíbrio do agroecossistema são fundamentais para a conservação da espécie. Pois alguns fatores contribuem drasticamente para a diminuição da espécie. As pragas e doenças que atacam os frutos e endocarpos chegam às sementes e impedem sua germinação. A diminuição da dispersão natural, por animais com população reduzida por extinção e pela caça. As mudanças climáticas, um ponto importante, mesmo sendo uma cultura adaptada a condições extremas, não consegue suportar a seca severa por tempo prolongado. E um dos principais fatores determinantes está na exploração extrativista, principalmente no estado de Sergipe, por agricultores familiares, que fazem a seleção dos melhores frutos tornando a colheita desequilibrada e comprometendo a regeneração natural da cultura (LIMA *et al.*, 2017).

Em estudos realizados em uma comunidade da Paraíba, foi observado que os próprios extrativistas estavam preocupados com o risco de extinção da espécie, 15% da população dos entrevistados haviam catado antes umbu em árvores que não existiam mais; e 94% da população daquela comunidade viviam da exploração extrativista dos frutos que ocorre por período anual Farias (2012). Nos meses de não colheita eles utilizavam a lenha e estacas para obtenção de renda (JAPIASSÚ *et al.*, 2017).

Dessa maneira, em busca da conservação e manutenção do umbuzeiro são necessários estudos aprofundados sobre a cultura, que viabilize o melhoramento genético e para manter genótipos existentes.

Para Lima (2017), algumas práticas como o uso da propagação assexuada para multiplicação de características testadas e descritas como excelentes produtoras, semeadura no início do período chuvoso e colheita uniforme na lavoura, por exemplo, podem contribuir

para a melhoria do manejo. O extrativismo quando realizado de forma adequada é um forte aliado para a conservação da diversidade da espécie (LIMA, 2017).

3. OBJETIVO

3.1. Objetivos específicos que constam no plano de trabalho

- a) Identificar áreas de ocorrência de umbuzeiro no Estado de Sergipe, com foco em hotspots contrastando as áreas em Unidades de Conservação e/ou com intensa ação antrópica e extrativismo usando modelagem de distribuição potencial da espécie.
Situação: objetivo atendido.
- b) Correlacionar características morfológicas e organolépticas com características físico-químicas de frutos. Este objetivo não foi atendido, pois devido a oscilações e quedas de energia, as polpas se deterioraram, e não tinham frutos em campo para novas análises. No entanto, para complementar, substituiu-se este objetivo pela extração de DNA para fins de estudos genéticos com a espécie.
- c) Definir protocolo de extração de DNA com material biológico das mesmas árvores usadas na caracterização de frutos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Análise bibliométrica

Esse trabalho teve início com uma prospecção de trabalhos científicos existentes sobre o umbuzeiro na base de dados *Scopus* da plataforma periódicos CAPES. Foram utilizadas as palavras-chave “*Spondias tuberosa*”, “umbuzeiro”, “umbu” separados pelos booleanos “OR”, e “NOT” para as palavras “umbu cajá”, “cajá”, “umbu cajarana”, separadas pelo booleano “AND”, com restrição para os anos 2017 a 2022. Os resultados passaram por uma análise individual para a exclusão de trabalhos com assuntos não relacionados à espécie de estudo e trabalhos repetidos.

Nessa avaliação foram constatados quais são as áreas de estudo, número de publicações nesse período, e quais as instituições abrangem pesquisas sobre o umbuzeiro. Estes dados forem completados com as informações disponíveis no Herbário Virtual da Flora e dos Fungos do INCT.

4.2. Modelagem de distribuição potencial

A modelagem de distribuição potencial do umbuzeiro foi realizada a partir da obtenção de pontos de ocorrência da espécie no Brasil depositada no Herbário Virtual da Flora e dos Fungos do INCT. Esses dados foram analisados, e foram excluídos os pontos duplicados ou que não condiziam com a descrição do local de ocorrência. Posteriormente, obteve-se as camadas bioclimáticas na plataforma *WorldClim*, com compilações de informações bioclimáticas de 1970 a 2000.

Os dados foram inseridos em análise no programa *Maxent*, onde foi elaborado um modelo com as camadas bioclimáticas e as informações de ocorrência da espécie. Os dados obtidos no *Maxent* foram importados no *ArcMap* para elaboração do mapa de distribuição potencial do umbuzeiro para o Estado de Sergipe.

4.3. Caracterização morfológica de frutos e endocarpos

Para a caracterização dos frutos e endocarpos de umbuzeiro, realizou-se a coleta em 14 matrizes de uma população natural localizada no povoado Lagoa dos Trigos, em Nossa Senhora da Glória, que se apresenta inserido no semiárido sergipano. A quantidade de frutos coletados foram os seguintes: matriz 1 (97 frutos), matriz 2 (95 frutos), matriz 3 (8 frutos), matriz 4(32 frutos), matriz 5 (51 frutos), matriz 6 (10 frutos), matriz 7(3 frutos), matriz 8 (41 frutos), matriz 9 (10 frutos), matriz 10 (23frutos), matriz 11 (14 frutos), matriz 12 (44 frutos), matriz 13 (46 frutos), matriz 14 (77 frutos). Esses frutos foram coletados no final de 2021, início da safra, e início de 2022, final da safra. A pluviosidade média mensal do período de coleta é apresentada na (FIGURA 1).

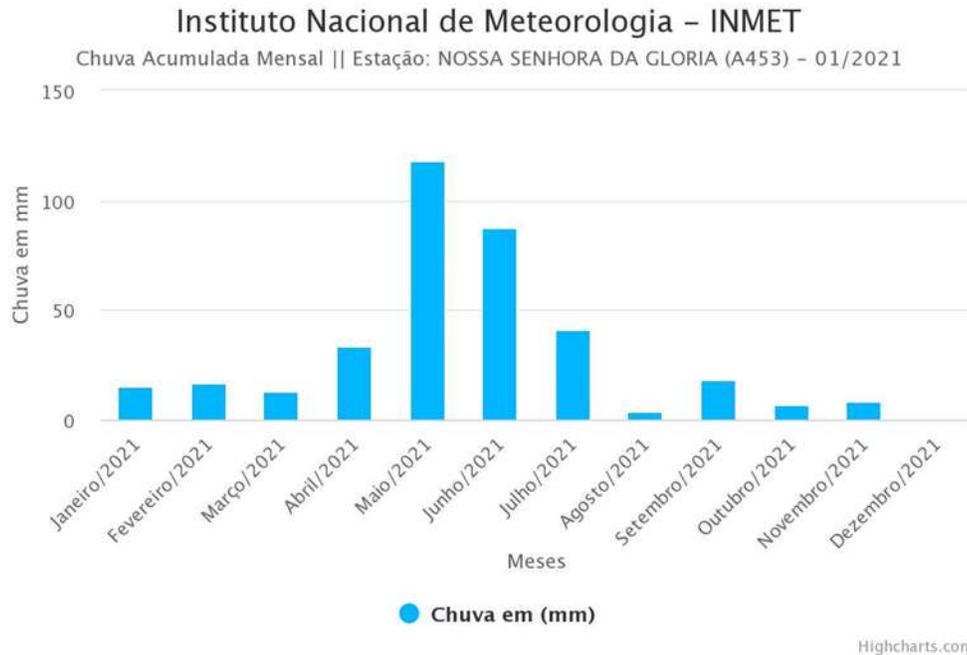


FIGURA 1. Dados pluviométricos dos meses de 2021 coletados no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) do município de Nossa Senhora da Glória/SE.
 Fonte: INMET, 2022.

Após a coleta, os frutos foram higienizados com água e hipoclorito de sódio a 6%, secos ao ar livre e acondicionados em sacos plástico sob refrigeração a 4°C.

Os frutos foram submetidos à análise no equipamento *GroundEye S8* obtenção dos dados por meio de algoritmos do software embarcado no equipamento., no qual houve a captura de imagens. Realizou-se a calibração da cor de fundo das imagens para a análise individual de cada fruto e endocarpo (FIGURA 2).

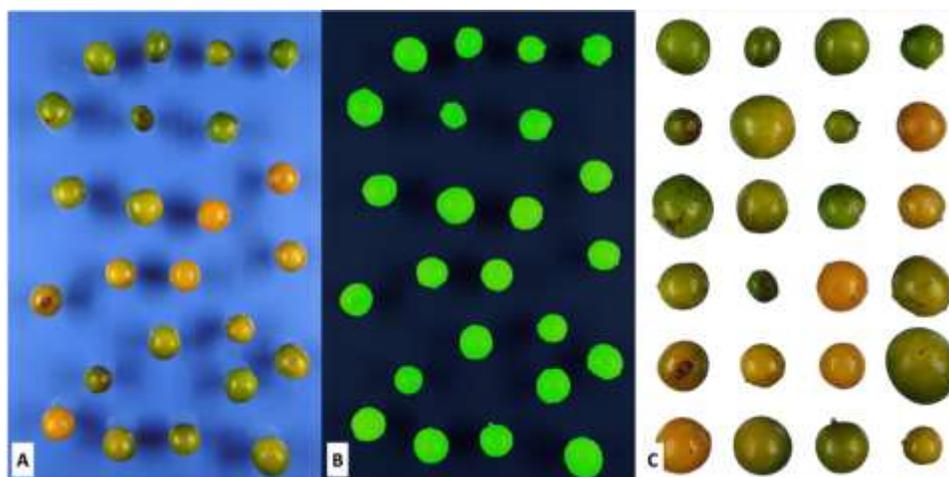


FIGURA 2. Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) avaliados no programa GroundEye: imagem dos frutos (A); cor de fundo calibrada (B); imagem processada (C). UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2022.

Posteriormente, os frutos foram despulpados manualmente para separação da polpa dos endocarpos (FIGURA 3). Após a remoção completa da polpa, os endocarpos foram secos ao ar livre na sombra durante três dias. Os endocarpos também foram analisados em imagens do GroundEye.



FIGURA 3. Obtenção dos endocarpos de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. Endocarpos secos (à esquerda); endocarpos recém beneficiados, ainda úmidos (à direita). UFS, São Cristóvão, 2022.

As imagens obtidas foram processadas pelo programa integrado ao equipamento *GroundEye* (GE) (FIGURA 4). As variáveis avaliadas foram comprimento, largura, área e circularidade.

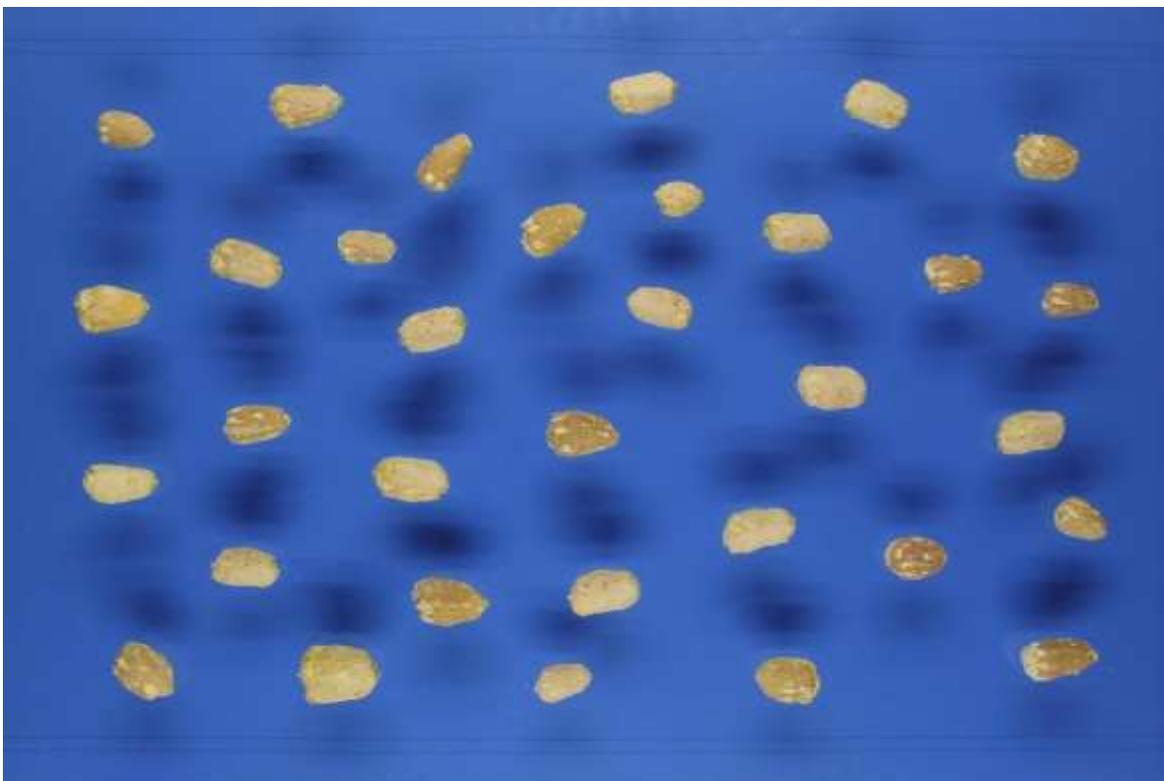


FIGURA 4. Endocarpos de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. capturados em equipamento *GroundEye*. UFS, São Cristóvão 2022.

4.4. Extração de DNA

A extração de DNA foi realizada a partir de folhas jovens coletadas (3 a 6 folhas jovens situadas nos ápices da planta) das mesmas matrizes usadas para coleta dos frutos. As folhas foram imediatamente armazenadas em solução CTAB - Brometo de cetiltrimetilamônio e a outra porção embalada em papel, transportado em recipiente com gelo para a refrigeração durante o deslocamento.

Foram empregadas quatro formas diferentes de extração de DNA. No protocolo 01 foi utilizada a metodologia proposta por Nienhuis *et al.* (1995). Cerca de 100g a 150g de folhas do umbuzeiro foram maceradas em almofariz com auxílio de pistilo empregando nitrogênio líquido. Em seguida houve adição de 700 μ L de solução CTAB 2% (2% de CTAB + β mercaptoetanol na proporção de 0,2% = 1,4 μ L para 700 μ L de CTAB) e 1% depolivinilpirrolidona (PVP-40) (FIGURA 5).



FIGURA 5. Extração de DNA de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. A - Maceração das folhas; B - adição do mercaptoetanol; C - centrifugação; D - separação da fração contendo DNA de restos vegetais. UFS, São Cristóvão, SE.

O macerado foi transferido para os tubos de 1,5 mL enumerados e levados ao banho-maria a 65°C por 30 minutos, onde foram vertidas a cada 10 minutos para melhor homogeneização. Para a purificação das amostras de DNA foram adicionados 700 µL de clorofórmio: álcool isoamílico (24:1) e posteriormente centrifugados a 12.000 rpm, por 20 minutos. O sobrenadante obtido após a centrifugação foi pipetado para novos tubos e em seguida adicionados 1000 µL de o álcool:acetato de amônio, mantido a -20°C *overnight* para precipitação do DNA. Após estes períodos as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 10 minutos.

Para o protocolo 02 foi utilizado foi o mesmo anteriormente e elaborado por Nienhuis *et al.* (1995) com algumas modificações. Foram adicionados 700 µL de CTAB ao invés de 600 µL. O tempo na centrifugação foi modificado para 10 minutos, e foi empregado isopropanol a um volume de 600 µL no lugar do álcool acetato de amônia. E após ser descartado o isopropanol, o precipitado resultante foi lavado com álcool 70% por três vezes.

Como protocolo 03, utilizou-seas folhas armazenadas em solução CTAB. Foram utilizados 700 μL de solução de CTAB 2% na maceração, 600 μL de clorofórmio álcool amílico após o banho-maria e centrifugado a 20 minutos.

Como protocolo 4, foi baseado no Kit comercial Invitrogen seguindo instruções do fabricante Thermo Fisher Scientific, onde as amostras passaram por quatro fases: **Preparo do lisado**, para separação dos materiais; **Purificação**, com a adição de soluções antioxidantes; **Lavagem**, nesta fase, foram adicionados a coluna de separação do kit 500 μL do tampão de lavagem 1. Após, o tubo de coleta foi descartado e a coluna de rotação colocada (FIGURA 6) em um tubo de coleta (PureLink™); e ao final feita a **Eluição**, etapa final que resulta em DNA genômico purificado.



FIGURA 6. Tubo com filtro do kit de extração de DNA PureLink™.

Para quantificação do DNA, cada amostra passou pelo processo de suspensão do DNA em água ultrapura para a concentração para 10 ng/mL, comprovada com a leitura em espectrofotômetro Epoch (Biotek®). Para a obtenção da quantificação de DNA, foram atribuídos a concentração e relação 260/280 em cada protocolo utilizado.

A amplificação (via *Polymerase Chain Reaction* – Reação em Cadeia de Polimerase – PCR) dos DNAs obtidos foi realizada em termociclador, aplicando volume de 12 μL com

as seguintes concentrações: DNA (4,0 µL), tampão (1,2 µL), primer (2,0 µL), dNTPs (0,4 µL), Taq DNA polimerase (0,2 µL) e água ultrapura (4,2 µL).

Os DNAs obtidos foram submetidos a eletroforese de gel de agarose (1%) contendo Sybr safe. A eletroforese se deu em solução de Tris- Borato- EDTA (TBE 1x) para avaliação da integridade. Os géis foram revelados pela exposição em luz ultravioleta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise bibliométrica para avaliação da distribuição potencial

A prospecção na base de dados *Scopus*, resultou em 51 artigos. Após a exclusão dos repetidos e que não fazem parte da pesquisa, resultou em 39 artigos que foram analisados.

De acordo com a prospecção, o umbuzeiro tem sido estudado quanto aos aspectos relacionados aos períodos de seca do nordeste, e a manutenção de folhas verdes frutos. Foram também identificados estudos para o estágio de maturação de frutos e reservas de água contidas nas raízes tuberosas (LIMA *et al.*, 2018).

No verão de 2016/2017, foi registrado um cenário devastante nessa paisagem de sertão, onde as reservas armazenadas nas raízes do umbuzeiro não foram suficientes para resistir à seca extrema; e por sua vez, árvores de umbu morreram (UAUA GLOBAL, 2017). Isso mostra um dos pontos em que a espécie ganhou destaques em pesquisas somando maiores números realizados no ano de 2018 (FIGURA 7).

Foi observado que dentro do intervalo analisado entre 2018 a 2022, que as publicações científicas em relação ao umbuzeiro tiveram um aumento significativo para o ano 2018. Período marcado pelas tendências de grande interesse por indicações geográficas, que abrange principalmente frutos com potencial socioeconômico, que permita uma circulação maior da renda local e transformação de coprodutos com qualidades específicas nacionais para a finalidade de certificação como Indicação Geográfica (SAMPAIO *et al.*, 2021).

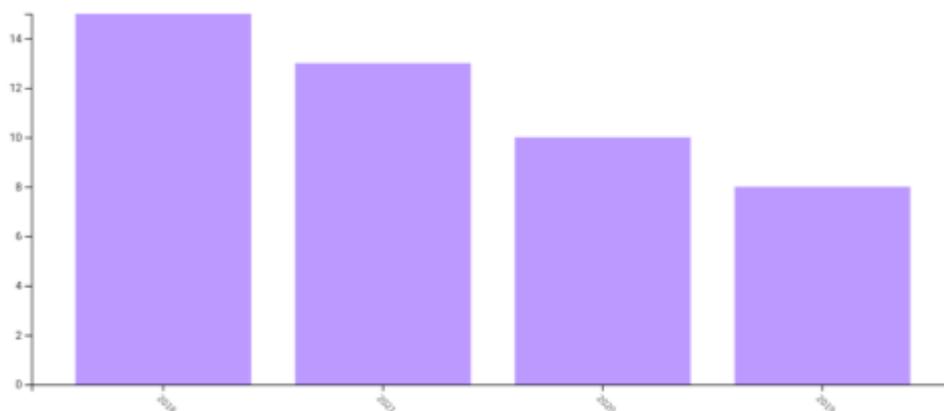


FIGURA 7. Número de artigos científicos encontrados na base de dados *Scopus* sobre *Spondias tuberosa* Arr. Câm. de 2017 a 2022, elaborados nos últimos cinco anos.

Os estudos estão concentrados em pesquisas nas instituições EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Estadual de Feira de Santana (UFES), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal San Francisco Valley (UFV) e a Universidade Federal do Ceará (UFC) (FIGURA 8).



FIGURA 8. Ranking de Instituições que realizaram pesquisas de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. no período de 2017 a 2022. Fonte: Plataforma *Scopus*.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) se encontra no *ranking* de segundo lugar em pesquisas do umbuzeiro. A UFPE está localizada em região de maior ocorrência natural da espécie e também intensa exploração do umbuzeiro. O estado de Pernambuco encontra em segundo lugar como maior produtor de umbu (IBGE 2018). Além disso, o estado possui um Banco Ativo de Germoplasma na Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, isso ajuda a intensificar ainda mais estudos voltados à conservação e que aumentem as informações sobre a espécie (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Quanto as pesquisas, observou-se uma tendências de estudos relacionados a caracterização de aspectos relacionados a agricultura, biodiversidade, tecnologia de alimentos, composição química, farmacologia, hereditariedade, genética molecular, bioquímica, silvicultura e patógenos, dentre outras (FIGURA 9).



FIGURA 9. Áreas de concentração das pesquisas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Câms encontradas no período de 2018 a 2022 na plataforma *Scopus*.

Apesar de o umbuzeiro apresentar grande valor socioeconômico, social e ambiental, pesquisas sobre caracterização fenotípica de frutos são escassos. Assim, existe limitação para a melhoria e manutenção da espécie devido a poucas informações que auxiliem no melhoramento visando futuros plantios comerciais (RUDORFF *et al.*, 2018).

O conhecimento sobre o material genético das populações existentes é extremamente importante para a seleção, em uma planta xerófila. Os genótipos de maior interesse a domesticação de uma espécie, somam em melhorias também para as pessoas que vivem da

coleta dos frutos, através da produção de conhecimentos em relação às técnicas de manejo sustentáveis que possam aumentar a qualidade das safras e, conseqüentemente, conversão em incremento na renda familiar (ALMEIDA; SOUZA; BATISTA, 2019).

5.2. Modelagem de distribuição potencial

A capacidade do modelo de distribuição de prever ambientes favoráveis à ocorrência de uma espécie a partir da relação entre a taxa de falsos positivos e falsos negativos, calculadas a partir dos valores preditos pelo modelo em relação aos valores observados é avaliada através dos valores de AUC (*Area Under Curve* – Área sob a curva) (CHOUERI; AZEVEDO, 2017).

O AUC serve como um padrão de acurácia que vai de 0 a 1, onde quanto mais próximo de 1,0, melhor o desempenho do modelo (PHILLIPS *et al.*, 2017). Valores acima de 0,75 são considerados potencialmente úteis (ELITH *et al.*, 2006). Para essa modelagem, o valor de performance para o modelo foi de AUC de 0,975, portanto, alta acurácia.

Em Sergipe, a modelagem preditiva aponta que a espécie tem maior probabilidade de ocorrência nos municípios pertencentes ao semiárido Sergipano (microrregiões Agreste Central, Médio e Alto Sertão Sergipano), que possui como característica determinante a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (SUDENE, 2018).

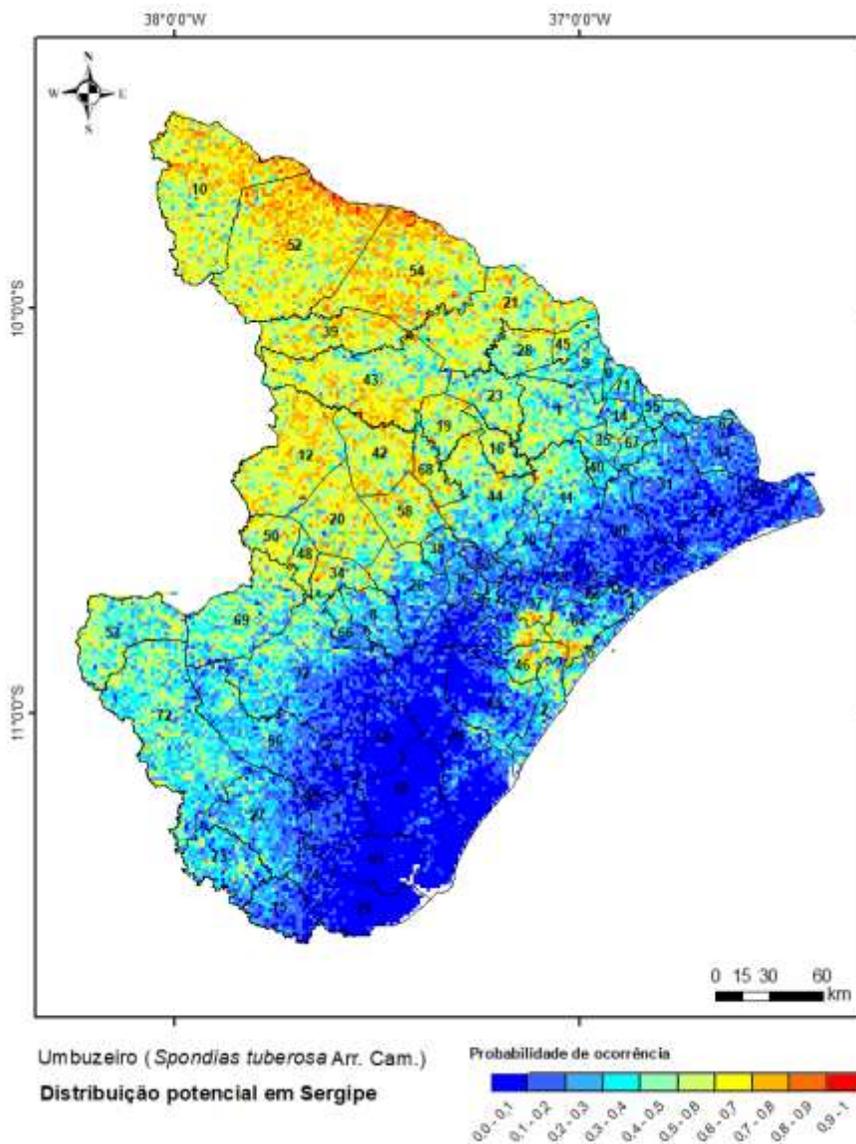


FIGURA 10. Distribuição potencial de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. em Sergipe.

5.3. Caracterização morfológica de frutos e endocarpos

Na avaliação dos frutos das matrizes obtiveram-se médias de 2,47 a 3,51 cm para comprimento e de 2,25 a 2,96 cm para a largura. A matriz 10 apresentou médias de comprimento (3,51 cm) e largura (2,96 cm) dos frutos, ou seja, acima dos valores médios da população conforme dados apresentados na Tabela 1. Para a comercialização dos frutos *in natura*, seria vantajosa a escolha dos maiores frutos, considerando que neste tipo de mercado

o tamanho dos frutos juntamente com a coloração são atrativos para os consumidores (NUNES, 2018).

TABELA 1. Número de frutos (n° frutos) e diâmetro relativo ao comprimento (DMA), diâmetro relativo a largura (DME), área e circularidade de frutos de 14 matrizes de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. localizadas em Sergipe. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2022.

Matriz	Nº frutos	DMA (cm)	DME (cm)	Área (cm ²)	Circularidade
01	97	2,96	2,66	6,31	0,90
02	95	2,47	2,25	4,43	0,91
03	8	3,44	2,91	7,90	0,85
04	32	2,68	2,39	5,02	0,90
05	51	2,77	2,51	5,47	0,90
06	10	3,02	2,28	5,41	0,75
07	3	3,30	2,63	6,86	0,79
08	41	2,54	2,33	4,66	0,92
09	10	3,13	2,62	6,42	0,82
10	23	3,51	2,96	8,12	0,84
11	14	3,22	2,71	6,69	0,82
12	44	3,25	2,85	7,36	0,89
13	46	2,83	2,58	5,81	0,91
14	77	2,65	2,35	4,94	0,89
Mínimo		2,47	2,25	4,43	0,75
Máximo		3,51	2,96	8,12	0,92
Média		2,98	2,57	6,10	0,86
CV (%)		11,38	8,86	19,65	6,01

Para os endocarpos, as maiores médias são da matriz 10, com 2,20 cm de comprimento, 1,53 cm de largura e 2,77 cm² de área. Enquanto as menores médias são da matriz 08, com 1,42, 1,00 cm e 1,17 cm² de comprimento, largura e área, respectivamente (TABELA 2).

TABELA 2. Médias de comprimento, largura e área dos endocarpos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) de 14 matrizes localizadas em Sergipe. UFS. São Cristóvão, SE. 2022.

Matriz	Número de frutos	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm ²)
01	97	1,77	1,26	1,89
02	95	1,51	1,06	1,31
03	8	2,08	1,14	1,92
04	32	1,65	1,01	1,36
05	51	1,62	1,02	1,42
06	10	2,10	1,17	2,03
07	3	2,04	1,18	2,13
08	41	1,42	1,00	1,17
09	10	2,03	1,27	2,11
10	23	2,20	1,53	2,77
11	14	1,95	1,24	1,87
12	44	1,85	1,15	1,81
13	46	1,77	1,28	1,89
14	77	1,56	1,05	1,37
Média		1,83	1,17	1,79
Mínimo		1,42	1,00	1,17
Máximo		2,20	1,53	2,77
CV %		13,57	12,33	24,02

Valores um pouco acima desses resultados para comprimento entre 1,8 mm e 2,4 mm foram encontrados por Dutra (2017) em endocarpos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) na Bahia, mais especificamente nas cidades de Anagé, Belo Campo, Brumado, Caraíbas e Macarani (DUTRA *et al.*, 2017).

5.4. Extração de DNA

Um dos aspectos de grande relevância em uma extração é a concentração e a pureza do DNA obtido. Na Tabela 3, observa-se que para uma mesma matriz, diferentes valores de concentração (ng/μL) foram obtidos de acordo com cada protocolo realizado. E na maioria quando se tem um valor de relação 260/280 dentro do recomendado por Ferreira (2022) de 1,8 a 2,2 (FERREIRA *et al.*, 2022).

TABELA 3. Quantificação de DNA extraído de matrizes de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. com base nos Protocolos de extração. UFS, São Cristóvão, SE.

Matrizes	Protocolo I		Protocolo II		Protocolo III	
	Concentração (ng/μL)	Relação 260/280	Concentração (ng/μL)	Relação 260/280	Concentração (ng/μL)	Relação 260/280
1	101,28	1,603	15.9	1.12	42,0	3,206
2	69,1	2,003	2	0.444	17,5	1,733
3	44,0	2,444	16.1	1.437	3708	1,248
4	58,9	2,475	9.8	1.065	42,2	1,421
5	251,2	0,697	14.9	1.202	52,7	1,751
6	103,9	1,823	15	1.128	20,0	1,675
7	147,7	1,694	0.4	0.111	6,8	-3,40
8	222,4	1,227	-1.9	-0.704	26,9	2,98
9	512,5	1,290	-0.7	2.333	49,3	1,366
10	530,4	1,594	23.9	1.366	126,9	1,383
11	254,3	1,467	7.6	1.551	103,1	1,550
12	151,1	1,262	144.3	1.103	52,6	2,505
13	89,1	1,747	0.6	1	84,3	2,594
14	254,5	1,435	-4.2	-21	104,3	2,588

No protocolo I são notórios os valores maiores que 100 ng/μL das concentrações das matrizes sendo um ponto positivo obtido nesse protocolo. Além disso, as relações 260/280 foram as que obtiveram melhor aproximação dos valores recomendados por Ferreira (2022) de 1,8 a 2,2 em quatro matrizes (matrizes 2, 6, 7 e 13) (FERREIRA *et al.*, 2022).

As modificações no Protocolo II em busca da pureza do DNA não levaram ao sucesso, os valores continuaram abaixo do recomendável. Das 14 amostras analisadas, apenas a amostra da matriz 9 apresentou uma relação 260/280 de 2,3 próximo do recomendável. E os valores das concentrações foram negativos para as matrizes 8 (-1,9 ng/μL), 9 (-0,7 ng/μL) e 14 (-4,2 ng/μL) e apenas a quantificação da matriz 12 obteve 144,3 ng/μL, os outros foram menores que 23,9 ng/μL. Valores de concentração menores que 10 ng/μL dificultam as replicações das análises de DNA por impossibilitar o armazenamento de amostras de estoque.

A extração realizada usando o protocolo III apresenta amostras com grau baixo de pureza. Resultados semelhantes para concentração foram encontrados em protocolo utilizando CTAB por método de Doyle e Doyle (1990) em experimento realizado na Embrapa por Lima (2007) para o umbuzeiro, concentração de 110 ng/μL com presença de bandas no

teste de integridade (LIMA *et al.*, 2007). Porém, a relação 260/280 recomendada entre 1,8 e 2,2 não obteve em nenhuma das matrizes, sendo que valores próximos de 1,8 foram demonstrados nas matrizes 2, 5 e 6.

TABELA 4. Quantificação de DNA extraído de matrizes de *Spondias tuberosa* Arr. Câm. Com base no Protocolo do Kit PureLink™ Invitrogen. UFS, São Cristóvão, SE.

Método Conservação	Matriz	Concentração (ng/uL)		Relação A260/A280	
		1ª Eluição	2ª Eluição	1ª Eluição	2ª Eluição
Com CTAB 2%	1	21,4	112,4	1,499	1,178
	2	21,0	54,4	2,508	1,375
	3	50,0	37,1	1,738	1,589
Sem CTAB 2%	1	82,7	26,7	1,452	3,320
	2	30,6	80,2	1,903	1,334
	3	45,8	29,6	1,543	1,412

A extração realizada com o kit Invitrogen, apresenta uma relação maior nas amostras com apenas uma eluição e mesmo assim a maioria abaixo de 1,8. Para as amostras com e sem a utilização da solução de CTAB 2%, não houve diferenças significativas, apenas o genótipo da amostra dois está no nível ótimo para a relação 260/280. As concentrações de DNA nos genótipos foram obtidas entre 21,4 a 112,4 ng/μL. . Das amostras quantificadas, apenas a matriz três apresentou uma relação 260/280 dentro do recomendável por Ferreira (2022) de 1,8 a 2,2 (FERREIRA *et al.*, 2022).

Em relação às médias da caracterização dos frutos, que foram apresentados anteriormente na Tabela 2, para a matriz 10 que obteve maiores médias de comprimento (3,51 cm) e largura (2,96 cm) dos frutos confere com a maior concentração de DNA no protocolo I, podendo também ser utilizadas para o melhoramento genético as matrizes 6, 7 e 13 por apresentarem uma relação 260/280 dentro do indicado e tamanho dos frutos maiores que 2 cm.

6. CONCLUSÕES

A prospecção científica do umbuzeiro deixou evidente que a espécie tem atraído estudiosos pelas suas características adaptativas ao Semiárido e pelo seu potencial na produção de novos produtos sendo uma espécie nativa de indicação geográfica e essas pesquisas foram intensificadas em 2018. Além disso, Sergipe está em terceiro lugar entre as Universidades que estudaram a espécie nos últimos cinco anos com apenas seis trabalhos relacionados ao potencial do umbuzeiro para a indústria. Entretanto, a falta de conhecimentos específicos sobre a espécie pode comprometer a conservação dos recursos genéticos a partir da perda de genótipos.

Segundo a modelagem de distribuição geográfica o umbuzeiro apresentada neste trabalho o potencial de ocorrência nos municípios que delimitam o Semiárido do estado de Sergipe (microrregiões Agreste Central, Médio e Alto Sertão Sergipano), tendo preferência por regiões que apresentam médias pluviométricas de 800 mm.

Dentro da caracterização fenotípica realizada foram obtidos os melhores índices de tamanho e peso na matriz 10 com médias de comprimento de 3,51 cm e largura 2,96 cm dos frutos, ou seja, acima dos valores médios da população. Essa é uma matriz com potencial para o melhoramento genético da espécie e futuros plantios comerciais por apresentar não só os frutos com as características fenotípicas maiores como também o maior para a concentração de DNA no protocolo I.

Com base nos parâmetros de conceituação, em razão de apresentar valores baixos de concentração e relação 260/280 os protocolos de extração de DNA II e III realizado neste trabalho não são indicados, além de não apresentar pureza em nenhuma das amostras as concentrações de DNA foram baixas. O protocolo I, entre os que foram analisados é o melhor, podendo ser indicado a realização de ajustes e para utilização em trabalhos futuros.

7. PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS

Realizar caracterização dos frutos de umbuzeiro de outros municípios de Sergipe, de acordo com os pontos com maior probabilidade de ocorrência da espécie com base no mapa de distribuição potencial do umbuzeiro em Sergipe.

A caracterização de outras populações naturais permitirá um mapeamento de indivíduos com características fenotípicas superiores, podendo inferir na seleção de genótipos que viabilize o melhoramento genético e conservação da espécie no Estado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. V. B.; SOUZA, J. T. A. BATISTA, M. C. Melhoramento genético de plantas forrageiras xerófilas: Revisão. **PUBVET**, v.13, n.8, a382, p.1-11, 2019.

ALMEIDA, M. M. B. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, [S. l.], v. 44, n. 7, p. 2155–2159, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>

ALMEIDA, T. S. FABRICANTE, J. R. Modelagem de Nicho Climático Presente e Futuro do Umbuzeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 91–96, 2021.

BARBOSA, A. S. *et al.* Composição, similaridade e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de áreas de caatinga. **Nativa, Sinop**, v. 8, n. 3, p. 314-322, 2020. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9494>

CAMPOS, C. O. *et al.* Caracterização de umbu (*Spondia tuberosa*) durante seu desenvolvimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, vol. 19, núm. 2, P. 665-0204, 2018.

CONCEIÇÃO, M. J. F. da; BARROS, R. P. de. Biometrics of fruits and seeds sold in open markets. **Revista Ambientale**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 16–31, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.48180/ambientale.v12i3.230>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Chuva acumulada mensal II Estação: Nossa Senhora da Glória (A 453)- 01/2021. Disponível em:<<https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A001>>. Acesso em 04 de Agosto de 2022.

UAUA GLOBAL, Jornal Nacional Umbuzeiro, árvore nativa do Nordeste, socorre agricultores na seca. Youtube, 2017. Disponível em:< <https://youtu.be/ZS8SoUQBs3E>>. Acesso em 14 de Abril de 2022.

DUTRA, F. V. *et al.* Caracterização física e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 814-822, 2017.

FERREIRA, R. D. C. P. **Avaliação do efeito de *Trichoderma harzianum* na cultura da cenoura**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Universidade de Lisboa, 2022.

FONSECA, N. *et al.* Propagação do umbuzeiro. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 40, n. 307, p. 39-51, 2019.

GOLFE ANDREAZZI, C. V. *et al.* Evaluation of physiological quality of Corn seeds by GroundEye L800® system. **Revista Agroambiente On-Line**, [S. l.], v. 14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v14i0.6750>.

GOUVÊA, R. F. *et al.* Effect of enzymatic treatment on the rheological behavior and vitamin C content of *Spondias tuberosa* (umbu) pulp. **Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 54, n. 7, p. 2176–2180, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2630-8>.

JAPIASSÚ, A. **Extrativismo do umbuzeiro na percepção dos agricultores da Comunidade Riacho da Serra, em São José do Sabugi-PB. 2017.** Universidade Federal da Paraíba, [s. l.], 2017.

KALAIVANI, R.; MURUGANAND, S.; PERIASAMY, A. Identifying the Quality of Tomatoes in Image Processing. **International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering**, [S. l.], v. 2, n. 8, p. 3525–3531, 2013.

LETERME, P. *et al.* Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 95, n. 4, p. 644–652, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.003>

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M; OLIVEIRA, V. R. Uumbu - *Spondias tuberosa*. In: Exotic Fruits (Rodrigues S, Silva EO, eds). **Academic Press**, pp. 427-433, 2018. Disponível em: Doi:10.1016/B978-0-12-803138-4.00057-5.

LIMA, R. C. de A. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae): práticas agronômicas e conservacionistas. 2017 Instituto Federal de Educação, **Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano**, [s. l.], 2017.

LIMA, R. S. N. *et al.* Ajustes no protocolo de DNA CTAB 2x para extração de DNA em diversas espécies vegetais. Jornada de iniciação científica da EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2., 2007, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

MACHADO, M. C.; CARVALHO, P. C. L.; VAN DEN BERG, C. Domestication, hybridization, speciation, and the origins of an economically important tree crop of *Spondias* (Anacardiaceae) from the Brazilian Caatinga dry forest. **Neodiversity**, v. 8, n. 1, p. 8–49, 2015.

MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T. Performance of new low-cost handheld NIR spectrometers for nondestructive analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) quality. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 323, p. 126820, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126820>

MATOS, F. S. *et al.* Effect of gibberellin on growth and development of *Spondias tuberosa* seedlings. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 33, n. 4, p. 1124 – 1130, 2020.

MERTENS, J. *et al.* *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 542-552, 2017.

MERTENS, J. *et al.* Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*): a systematic review. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (Online), [S. l.], n. 36, p. 179–197, 2015. Disponível

em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820151006>

MITCHELL, J.; DALY, D. C. A revisão de *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, [S. l.], v. 55, p. 1–92, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.55.8489>

MOTTA, J. D. *et al.* Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicata Scientiae**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 74–82, 2015.

NIENHUIS, J. *et al.* Genetic relationships among cultivars and landraces of lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) as measured by RAPD markers. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 300-306, 1995.

NUNES, V. V. **Caracterização e conservação de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 81f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

PEREIRA, F. R. A. *et al.* Biometry in umbu fruits from the semi-arid region of Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 43, n. 6, p. 1–11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021808>.

PIRES, E. S. *et al.* Análise de crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina. **Agrarian**, [S. l.], v.13 n. 48, p. 141-150, 2020.

QUEIROZ, M. A. Recursos Genéticos Vegetais da Caatinga para o Desenvolvimento do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 06, n. 06, p. 1135–1150, 2011. Disponível em: <http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/273/223>.

RIBEIRO, E. Notas de Leitura. [s. l.], 2021. Disponível em: <http://biblio.etnolinguistica.org/doc: 15>. Acesso em: 05 dez. 2021.

RUDOFF, N. *et al.* Remote sensing monitoring of the impact of a major monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume of the eastern Brazilian coast. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.145, p. 349-361, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs>

SAMPAIO, G. M. *et al.* Estudo sobre as possibilidades de IG da região de Uauá, Bahia: Instrumentos de preservação ambiental e estratégias de gestão territorial. **Revista Ingi**, v.5, n.1, p.1147-1161, 2021.

SANTOS, K. S.; SILVA, L. A. de F. Endophytic fungi isolated from umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): potencial alternativo sources for the production of enzymes and natural pigment. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 12, p. 103761–103774, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-759>.

SANTOS, R. T. dos S. e *et al.* The potential of “umbuzeiro” genotypes for the development

of preserves. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 51, n. 2, 2021. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20191008>

SANTOS, T. C. JUNIOR, J. E. N.; PRATA, A. P. N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 049901, 2012.

SILVA, V. P. *et al.* Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro para consumo in natura em dois estádios de maturação. *In:* 2017, Bananeiras, PB. III Encontro Nacional da Agroindústria. Bananeiras, PB: **Anais**, 2017.

SPÍNOLA, V.; LLORENTE-MARTÍNEZ, E. J.; CASTILHO, P. C. Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 1369, p. 2–17, 2014. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.09.087>

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. [S. l.]: Artmed Editora, 2017.

UAUA GLOBAL, Jornal Nacional Umbuzeiro, árvore nativa do Nordeste, socorre agricultores na seca. Youtube, 2017. Disponível em:< <https://youtu.be/ZS8SoUQBs3E>>. Acesso em 14 de Abril de 2022.

9. OUTRAS ATIVIDADES

Participação no Ciclo de Webinários e V Seminário Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Specia (Seminário de Pesquisa em Engenharia e Ciências Ambientais).

Participante no 31º Encontro de Iniciação científica.

Participação no I Congresso Brasileiro On-line de Atualidades em genética.

Participação em atividade de campo no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe.

Participação em atividades no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Sergipe.