

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE
PLANTAS**

ANDRESSA ANTUNES TEIXEIRA

**Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e
proteção de cultivares**

**CÁCERES
MATO GROSSO- BRASIL
SETEMBRO-2024**

ANDRESSA ANTUNES TEIXEIRA

**Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e
proteção de cultivares**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof. Dr^a. Leonarda Grillo Neves

Coorientadores: Prof. Dr. Antonio Marcos Chimello, Prof. Dr^a Sabrina Cassaro

CÁCERES

MATO GROSSO- BRASIL

SETEMBRO- 2024

Teixeira, Andressa Antunes.

Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e proteção de cultivares / Andressa Antunes Teixeira. - Cáceres, 2024.
46f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Genética e Melhoramento de Plantas/CAC-PGMP - Alta Floresta - Mestrado Acadêmico, Campus Universitário De Cáceres "Jane Vanini".

Orientador: Leonarda Grillo Neves.

Coorientador: Antonio Marcos Chimello e Sabrina Cassaro

1. *Tectona grandis*. 2. Melhoramento Genético. 3. Nova Cultivar. I. Andressa Antunes Teixeira. II. Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e proteção de cultivares

UNEMAT / MTSCB

CDU 674.031.51.9

Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e proteção de cultivares

ANDRESSA ANTUNES TEIXEIRA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.
Orientadora: Prof. Dr.^a Leonarda Grillo Neves

Aprovada em 13 de setembro de 2024.

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO MARCOS CHIMELLO**
Data: 11/11/2024 15:26:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Antonio Marcos Chimello (Dr. em Biotecnologia e Biodiversidade) UNEMAT

Documento assinado digitalmente
 **SABRINA CASSARO**
Data: 11/11/2024 15:30:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Sabrina Cassaro (Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas) - UNEMAT

Documento assinado digitalmente
 **MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAUJO**
Data: 12/11/2024 15:00:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Maria do Socorro Bezerra de Araujo (Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas) UNEMAT

Documento assinado digitalmente
 **MONIQUE MOREIRA MOULIN**
Data: 11/11/2024 15:55:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Monique M. Moulin (Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas) IFES

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDA GRILLO NEVES**
Data: 14/11/2024 10:36:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Leonarda Grillo Neves (Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas)
UNEMAT
(Orientadora)

“Seja forte e corajoso. Não tema as adversidades, pois dentro de você reside a força para superá-las e a coragem para enfrentá-las.”

(Josué 1:9)

In *memoriam* à minha mãe Luzia Antunes Teixeira

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por cada desafio superado e por cada bênção recebida em minha jornada.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP), e ao CNPQ pela disposição de recursos para o desenvolvimento dos experimentos.

Em especial à empresa *Teak Resources Company* (TRC) pelo generoso apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao meu pai Carlos Alberto, que não mede esforços para apoiar e investir na minha vida profissional.

Em memória a minha querida mãe, Luzia Antunes Teixeira, por me conceder a vida, e que dedicou todos os dias em tempo integral me confiando a realização desse sonho, essa conquista é delegada toda a ela, minha rainha.

Ao meu irmão, Aldair Alberto Gomes, que estava sempre presente nos momentos felizes e os mais difíceis.

Ao meu namorado, Ronaldo em especial, por todo amor e paciência durante esses anos, todo apoio foi fundamental para meu crescimento. Você é meu porto seguro.

À minha orientadora, Leonarda Grillo Neves, por todo seu apoio, incentivo, paciência, e por não me deixar desistir da realização de um sonho.

Ao meu coorientador Dr. Antonio Marcos Chimello, por todo conhecimento oferecido, pelo apoio, paciência, ensinamentos e ajuda no desenvolvimento de toda pesquisa, e a minha coorientadora Sabrina Cassaro.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal do Campus de Cáceres - UNEMAT, e toda minha equipe de trabalho pela contribuição com o projeto, em especial à Cristine da Costa Diniz, por estar nesse período ao meu lado dando apoio, ouvindo e compartilhando momentos inesquecíveis, sua amizade é um tesouro que guardarei para sempre em meu coração. Obrigada também pela grande ajuda no desenvolvimento do trabalho como um todo.

A todos, meu muito obrigada!

BIOGRAFIA

Andressa Antunes Teixeira, filha de Luzia Antunes Teixeira e Carlos Alberto, nasceu no Município de Araputanga no ano de 1997. No ano de 2011 mudou-se para Cáceres-MT, onde veio a terminar o ensino fundamental e o ensino médio na Escola Estadual Ana Maria, no ano de 2015. Em 2017/2, no mês de abril, passou no vestibular de Agronomia na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Campus de Cáceres-MT. Durante o curso foi bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) no período de 30/10/2020 a 30/09/2021, com o projeto denominado “Avaliação do teor do óleo em genótipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) de origem indiana”, orientada pelo prof. Dr. Marco Antônio Aparecido Barelli. Em fevereiro de 2023 foi conferido o diploma de Engenheiro Agrônomo pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Logo após, no mesmo ano, ingressou no Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas (UNEMAT). Durante o mestrado recebeu bolsa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), desenvolvendo pesquisas voltadas para Melhoramento Genético da teca visando a avaliação de genótipos elites para obtenção do registro e proteção de cultivares, tendo defendido a dissertação em setembro de 2024.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Aspectos morfológicos da teca	15
2.2. Importância socioeconômica e ambiental de <i>T. grandis</i>	17
2.3. Melhoramento Genético da teca	19
2.4. Registro e Proteção de Cultivares no Brasil	22
3. REFERÊNCIAS	25
4. CAPÍTULO	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
Ensaio de DHE	33
Análise dos dados	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

RESUMO

ANDRESSA, ANTUNES TEIXEIRA, M. Sc., Universidade do Estado de Mato Grosso, setembro de 2024, AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS ELITES DE TECA COM POTENCIAL PARA REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES. Orientadora: Leonarda Grillo Neves. Conselheiros: Antônio Marcos Chimello, Maria do Socorro B. de Araujo e Sabrina Cassaro.

A teca é uma árvore da família Lamiaceae, nativa de regiões do Sudeste Asiático. Embora, essa espécie florestal ser muito cultivada no país, ainda existe poucos programas de melhoramento genético da teca, cujo mesmo visa selecionar árvores com características desejáveis. Apesar da ampla introdução da teca no Brasil, ainda existem poucas cultivares registradas e nenhuma protegida. Essa situação evidencia a importância da caracterização morfológica como uma ferramenta essencial para identificar a variabilidade genética das árvores. No entanto, a área de pesquisa relacionada à teca ainda é carente de estudos significativos. O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos elites de teca por meio dos descritores propostos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para solicitar o pedido de proteção e registro de novas cultivares. Foram avaliados 20 genótipos de teca clonais, incluindo mudas e plantas adultas, sendo as mudas conduzida em telado sombreado no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal em Cáceres-MT, e as plantas adultas foram analisadas na fazenda experimental da empresa TRC- *Teak Resources* LTDA, localizada em Joaquim Nabuco-PE. Foram avaliados 22 descritores morfoagronômicos em mudas com (120 dias de idade), em delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com três repetições e duas plantas por parcela. As plantas adultas foram avaliadas com (2 a 3 anos de idade), observando as características fenotípicas nessas duas fases, além dos dados de produtividade que foram analisados em plantas de 20 anos. Os dados foram examinados utilizando estatística descritiva, com base no algoritmo de Gower, foi realizado uma análise conjunta das variáveis quantitativas e qualitativas para estimar a matriz de dissimilaridade genética entre os clones. A matriz de dados foi submetida a uma análise multivariada usando o agrupamento de ligação média entre grupos (UPGMA). A variação genética foi ilustrada por um dendrograma gerado pelo método hierárquico. O dendrograma foi estimado utilizando o Coeficiente de Correlação Cofenética (ccc) a partir da matriz de dissimilaridade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software Genes. Para atribuir notas e classificar os genótipos em relação aos descritores quantitativos, foram mensurados e realizado distribuição de frequência de classes. Diante dessa avaliação os genótipos avaliados apresentaram dissimilaridade quanto ao tamanho das folhas, das 22

características avaliadas, apenas a cor da pubescência do caule foi incolor com isso, mostrou-se uniforme entre todos os genótipos estudados. Ao observar o dendrograma identificaram-se quatro grupos com diversidade genética entre os genótipos, indicando potencial para o registro e proteção de novas cultivares.

Palavras-Chave: *Tectona grandis*, Melhoramento Genético, Nova Cultivar.

ABSTRACT

ANDRESSA, ANTUNES TEIXEIRA, M. Sc., Universidade do Estado de Mato Grosso, setembro de 2024, EVALUATION OF TEAK ELITES GENOTYPES WITH POTENTIAL FOR REGISTRATION AND PROTECTION OF CULTIVARS. Orientadora: Leonarda Grillo Neves. Conselheiros: Antônio Marcos Chimello, Maria do Socorro B. de Araujo e Sabrina Cassaro

Teak is a tree of the Lamiaceae family, native to Southeast Asia. Although this forest species is widely cultivated in Brazil, there are still few genetic improvement programs aimed at selecting trees with desirable characteristics. Despite the widespread introduction of teak in the country, there are currently few registered cultivars, and none are protected. This situation highlights the importance of morphological characterization as a crucial tool for identifying the genetic variability of teak trees. However, research in this area still lacks significant studies. The objective of this study was to evaluate elite teak genotypes using the descriptors proposed by the Ministério da Agricultura e Pecuária to request the protection and registration of new cultivars. Twenty clonal teak genotypes were assessed, including seedlings and adult plants. The seedlings were grown under shaded screens at the Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV) in Cáceres-MT, while the adult plants were analyzed at the experimental farm of Teak Resources Company (TRC) in Joaquim Nabuco-PE. Twenty-two morphoagronomic descriptors were evaluated in seedlings (120 days old) using a randomized block design with three replicates and two plants per plot. Adult plants (aged 2 to 3 years) were evaluated for phenotypic characteristics, and productivity data were analyzed for 20-year-old plants. The data were examined using descriptive statistics based on the Gower algorithm, and a joint analysis of quantitative and qualitative variables was performed to estimate the genetic dissimilarity matrix among the clones. The data matrix underwent multivariate analysis using the between-group average linkage clustering (UPGMA) method. Genetic variation was illustrated by a dendrogram generated through hierarchical clustering. The reliability of the dendrogram was estimated using the Cophenetic Correlation Coefficient (CCC) from the dissimilarity matrix. All statistical analyses were conducted using the Genes software. To assign scores and classify the genotypes in relation to the quantitative descriptors, measurements were taken, and frequency distributions of classes were performed. The evaluation revealed dissimilarity among the genotypes with respect to leaf size. Of the 22 characteristics assessed, only the color of the stem pubescence was colorless, indicating uniformity among all the studied

genotypes. The dendrogram analysis identified four groups with genetic diversity among the genotypes, suggesting potential for the registration and protection of new cultivars.

Keyword: *Tectona grandis*, Plant breeding, New Cultivar.

1. INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.F.) é uma árvore, pertencente à família Lamiaceae, conhecida por ser uma das madeiras tropicais mais plantadas no mundo. É nativa de regiões do sudeste asiático, como a Índia, Myanmar (Birmânia), Tailândia e Laos (Walotek et al., 2015). A espécie foi introduzida no Brasil em meados de 1968 pela Cáceres Florestal S/A, com o plantio comercial iniciado em 1971 no município de Cáceres - MT, onde as condições climáticas são favoráveis ao seu crescimento, semelhantes às encontradas em seu país de origem (Cáceres Florestal S/A, 2015).

A espécie demonstrou excelente adaptação no Brasil, beneficiando-se de um ciclo produtivo mais curto em comparação com a região de origem, onde o ciclo de produção pode chegar a 80 anos. No Brasil o ciclo médio de crescimento da teca é de aproximadamente 25 anos, o que é considerado lucrativo devido ao rápido desenvolvimento da cultura, o que tem impulsionado o crescimento do cultivo no Brasil (Rocha et al., 2015). Em 2022, a área total dedicada à silvicultura no Brasil alcançou 9,94 milhões de hectares, refletindo um aumento de 0,3% em comparação com os 9,75 milhões de hectares registrados em 2021. Dentro dessa extensão, aproximadamente 76 mil hectares são destinados ao plantio de teca, com 80% desses plantios concentrados nos estados de Mato Grosso e Pará (Indústria brasileira de árvores, 2023).

A madeira de teca é muito reconhecida no mercado internacional devido às suas propriedades tecnológicas excepcionais, tais como durabilidade, resistência ao sol, calor e frio, e é usada para faqueados e laminados (sofisticados compensados e painéis). Sua versatilidade e durabilidade a tornam uma escolha popular em muitas indústrias, conferindo-lhe um maior valor agregado, sendo utilizada em decks, lambris, janelas, pisos e portas usados na construção civil e naval, entre outros usos (Kollert e Kleine, 2017).

Para assegurar a produção de teca de alto padrão em plantações florestais, têm sido implementados programas de melhoramento genético, especialmente na América Latina e Ásia. Estes programas são direcionados para a seleção de atributos de qualidade da madeira, como crescimento vigoroso, tronco retilíneo e limpo, coloração, padrão de grãos e textura, além de garantir estabilidade, resistência e durabilidade (Kollert e Kleine, 2017).

Além disso, a implementação de programas de melhoramento genético, aliada à proteção de cultivares, potencializa não apenas a qualidade da teca, mas também a eficiência e a sustentabilidade das plantações florestais. A proteção de cultivares proporciona uma série de vantagens, tais como o incremento da produtividade agrícola, a intensificação das

atividades de melhoramento genético e, conseqüentemente, um aumento no número de novas cultivares (MAPA, 2020). Os requisitos legais para a proteção de cultivares incluem que o genótipo seja resultado de melhoramento genético e demonstre distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) (Reategui-Betancourt et al., 2021). Durante os exames de DHE, é fundamental garantir que a nova cultivar seja claramente distinguível das cultivares conhecidas mais similares, esse fato assegura que as novas cultivares sejam devidamente avaliadas e reconhecidas por suas características únicas (MAPA, 2011).

O registro de cultivares viabiliza a produção e comercialização de sementes e mudas no país. Isso garante que produtores, distribuidores e consumidores possam realizar negociações de forma confiável, estabelecendo uma base segura e legal para as transações comerciais, envolvendo o material de propagação dessa espécie. Este processo é fundamental para os programas de melhoramento, pois assegura a integridade genética e a qualidade das variedades registradas (Carvalho, 2009). No Brasil, existem somente três cultivares de *T. grandis* registradas (BR2, TG1 e TG3), e nenhuma protegida reforçando a importância de registrar novas cultivares de teca e as disponibilizar para o mercado (Brasil, 2024).

O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos elites de teca por meio dos descritores propostos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), para solicitar o pedido de proteção e registro de novas cultivares. Isso visa assegurar a confiabilidade na aquisição de clones de uma cultivar com controle de gerações, adaptado ao ambiente de produção, garantindo assim as características agrônômicas da cultivar. Essa prática facilita o comércio e contribui para o desenvolvimento sustentável da indústria florestal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos morfológicos da teca

O gênero *Tectona*, pertencente ao Reino Plantae, é composto por um pequeno grupo de espécies arbóreas decíduas, nativas das regiões tropicais da Ásia, sendo predominantemente encontradas no sul e sudeste asiático. Alguns estudos referem-se ao gênero *Tectona* como constituído por quatro espécies principais: *T. abludens*, *T. grandis* Linn. f., *T. hamiltoniana* Wall. e *T. philippinensis* Benth & Hook. f (Zhao et al., 2021). No entanto, há debate sobre a classificação de *T. abludens*, que em alguns trabalhos é considerada uma subespécie de *T. grandis*, conforme sugerido por Li et al (The Plant List,

2021a, 2021b).

A espécie *T. grandis* é considerada diploide, possuindo $2n = 36$ cromossomos em seu genoma (Kaosa-Ard, 1989; Kertadikara; Prat, 1995), embora seja preferencialmente alógama, ainda é possível que ocorra autofecundação (Kjaer; et al, 1995). A teca é conhecida por apresentar árvores de grande porte (Li et al., 2017), podendo alcançar, em seu habitat natural, uma altura de 45 m, com altura do fuste 20 m, e 2,5 m de diâmetro. Por outro lado, o tronco possui característica de casca variável, entre 1,0 e 15 cm, coloração marrom pálida com sulcos longitudinais rasos nas árvores mais jovens, e rachados com escamosos nas plantas adultas (Louppe, 2005; Praciak et al., 2013).

Conforme Praciak et al. (2013), as árvores dessa espécie exibem um padrão de crescimento monopodial e uma copa ampla. Os ramos são fortes, de forma tetragonal, apresentando marcas quadrangulares onde as folhas estavam inseridas. As partes jovens dos ramos são cobertas por uma densa camada de pelos e têm uma textura áspera e farinácea. As suas folhas são simples, ou seja, o limbo não é dividido, e são opostas decussadas, podem aparecer três folhas em uma única gema, ou, serem alternas nas mudas seminais (Praciak et al., 2013). O comprimento e a largura das folhas dessa espécie variam consideravelmente, com registros variando de 15 a 90 cm de comprimento e de 6 a 50 cm de largura (Louppe, 2005; Praciak et al., 2013). Não são observadas estípulas, que são estruturas laminares geralmente encontradas aos pares na base das folhas da teca (Louppe, 2005).

As flores dessa árvore são hermafroditas, apresentam simetria radial (actinomorfas), são pequenas, de coloração amarelada a esbranquiçada, medindo entre 3 a 6 mm de comprimento, e possuem um pedicelo áspero de 2 a 3 mm (Praciak et al., 2013). A floração da teca é abundante, geralmente começando seis a oito anos após o plantio. Esse período de floração pode durar mais de 60 dias e é favorecido pela polinização por insetos (Danida, 2002; Cáceres Florestal, 2006).

Os frutos são do tipo drupáceos, caracterizados por um endocarpo rígido, formato cilíndrico e coloração marrom, com cerca de 1 cm de diâmetro. Eles são envolvidos por um cálice persistente e aumentado, que possui uma textura semelhante a feltro (Li et al., 2016). Os frutos têm quatro válvulas, mas geralmente contêm de uma a três sementes, sendo que a maioria possui apenas uma semente (Lamprecht, 1990). As sementes têm uma forma ovóide, com medidas médias de 6 mm por 4 mm, e não possui endosperma (Praciak et al., 2013)

2.2. Importância socioeconômica e ambiental de *T. grandis*

A teca é uma das espécies de madeira nobre mais valorizadas mundialmente, devido à alta qualidade de sua madeira (Santos et al., 2018). Os países da América tropical, especialmente o Brasil, onde se encontram os plantios mais jovens, têm sido o principal destino de investimentos privados para manejo, material genético melhorado e, conseqüentemente, maiores produtividades (Takizawa et al., 2022).

A presença de óleos e de sílica na composição da madeira agrega propriedades tais como baixa contração, leveza e resistência a diversos fatores ambientais, como sol, calor, frio, água da chuva e do mar, além de incêndios florestais de menor intensidade (Rondon Neto et al., 1998; Klippel et al., 2013). Essas propriedades fazem com que seja amplamente utilizada na indústria naval, na produção de peças de alto valor e na fabricação de móveis de qualidade (Rondon Neto et al., 1998; Klippel et al., 2013). Com todas essas qualidades, o interesse pelo cultivo e comercialização da madeira de teca tem aumentado globalmente (Lorenzi et al., 2003).

A versatilidade da teca a torna adequada para uma ampla variedade de usos em acabamentos (Midgley et al., 2015). Entretanto, as madeiras de menores dimensões, provenientes de árvores jovens plantadas, também têm diversas aplicações. A partir da madeira de árvores ainda em crescimento, é possível obter tábuas de dimensões menores, que são mais estreitas e curtas. Além disso, esses materiais apresentam um padrão de cores característico, com o cerne em tom marrom escuro e o alburno em tom amarelado, sendo igualmente adequados para a fabricação de vários tipos de móveis (Midgley et al., Kollert, 2017).

O uso tradicional da teca em medicina é amplamente difundido e reconhecido no Togo (Diallo et al., 2008), na antiga prática da medicina Ayurveda na Índia (Goswami et al., 2009) e em outras regiões onde ocorre naturalmente (Nidavani; Mahalakshmi, 2014a, 2014b). Existem registros do uso medicinal de extratos obtidos de várias partes da árvore de teca, como casca, flores, folhas, madeira, raízes e sementes, para tratar uma ampla gama de enfermidades (Mahalakshmi, 2014a, 2014b). O extrato das folhas, por exemplo, é frequentemente empregado na cultura popular para o tratamento de diversas feridas, especialmente queimaduras (Shalini, 2008), e também para fins hemostáticos, depurativos, anti-inflamatórios, lepra e doenças de pele (Varma, 2013).

Devido ao extenso uso medicinal popular da teca em seus habitats naturais, diversos estudos têm sido conduzidos para melhor compreender suas propriedades

farmacológicas e para isolar seus compostos químicos (Vyas et al., 2019). Segundo Vyas et al. (2019), foram identificados aproximadamente 92 componentes químicos em diferentes partes da árvore. Entre esses constituintes, destacam-se ácidos graxos, alcaloides, antraquinonas, carboidratos, esteroides, flavonoides, glicosídeos, proteínas, resinas, saponinas, taninos e terpenoides, muitos dos quais possuem usos farmacológicos potenciais. Não há exploração comercial desses componentes, sendo limitado ao uso medicinal popular. No entanto, há um potencial significativo para a indústria química, incluindo setores farmacêuticos, cosméticos e de produtos funcionais/medicinais, explorarem essas substâncias para novas aplicações.

Desde a década de 1980, quando a disponibilidade de madeira de teca proveniente de florestas naturais começou a diminuir, a demanda por madeira de plantações no Brasil tem aumentado significativamente. A utilização de florestas plantadas ajuda a minimizar a pressão sobre as florestas nativas, contribuindo para a preservação desses ecossistemas. Elas são recursos sustentáveis, pois agregam na conservação das florestas nativas e de toda a biodiversidade. Temas como responsabilidade socioambiental, criação de valor compartilhado e obtenção de lucro respeitável estão intrinsicamente ligados ao conceito de desenvolvimento sustentável (Kollert; Kleine, 2017).

Por muitos anos, o setor de árvores cultivadas tem considerado a sustentabilidade como um elemento central de sua estratégia de negócios. Não existe um falso dilema entre produção e conservação nesse setor; pelo contrário, ambos são priorizados e integrados às decisões de forma intrínseca e fundamental, ocupando a mais alta hierarquia (IBÁ, 2023). O desenvolvimento de novos processos, pode abrir diversas oportunidades para valorização dos produtos florestais, contribuindo para uma utilização mais abrangente e sustentável da teca (Nidavani; Mahalakshmi, 2014b).

Conforme essa abordagem da importância no setor ambiental das florestas plantadas onde a teca se faz presente, é inevitável não incluir questões socioeconômicas que desempenham um papel relevante no ambiente social. Como uma biorrefinaria moderna, sustentável e renovável, as árvores cultivadas com manejo e conhecimento desenvolvidos no Brasil dão origem a mais de 5 mil bioprodutos, desde aqueles amplamente conhecidos em nossas casas, como cadernos, lápis, fraldas, papel, máscara, caixas de papelão, móveis de madeira, pisos laminados e papel higiênico, até novos produtos que estão introduzidos no mercado ou estão em fase de desenvolvimento (IBÁ, 2023).

O plantio de árvores em conjunto com culturas agrícolas e pastagens desempenha um papel crucial na absorção de carbono, contribuindo para mitigar os impactos das mudanças climáticas. O setor de árvores cultivadas se concentra na capacidade ecofisiológica das árvores de capturar e armazenar dióxido de carbono da atmosfera em sua biomassa. Esse processo ocorre tanto em árvores cultivadas quanto em áreas de floresta natural e no solo. As florestas produtivas armazenam aproximadamente 1,82 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), enquanto as florestas naturais destinadas à conservação armazenam cerca de 2,98 bilhões de toneladas (CO₂eq), tornando o setor altamente eficaz na redução das emissões de carbono (IBÁ, 2023).

2.3. Melhoramento Genético da teca

Para aumentar a eficiência produtiva e obter madeira de teca de alta qualidade em florestas plantadas, programas de melhoramento genético foram introduzidos, com foco especialmente na América Latina e na Ásia (Kollert; Kleine, 2017).

Ao longo do tempo, iniciativas de melhoramento genético da teca foram registradas em pelo menos 33 países. Essas iniciativas não se restringem à implementação de programas estruturados, mas sim aos esforços realizados para adquirir conhecimento e promover o aprimoramento e a conservação da espécie (Reis et al., 2023).

Com o avanço dos programas de melhoramento florestal e da seleção clonal, há uma tendência em desenvolver materiais mais especializados, visando tanto uma melhor adaptação quanto o alcance de objetivos específicos de produção. A clonagem de espécies florestais em larga escala tem desempenhado um papel crucial no aumento da produtividade de madeira nas plantações, como tem sido observado em diversas regiões ao redor do mundo (Surendran, 2014).

Conforme esse enfoque direcionado para clones, na Índia, é projetado que a produtividade de madeira possa aumentar de dois a quatro vezes com a utilização de clones elites selecionados pelo programa de melhoramento de teca indiano em comparação com os materiais de sementes atualmente em plantio (Kumar, 2019). Uma cultivar de teca considerada elite deve apresentar uma ampla gama de alelos favoráveis em diferentes características de importância econômica. Atendendo tanto às necessidades dos silvicultores quanto às demandas da indústria e dos consumidores finais de madeira (Reis et al., 2023).

No Brasil, constatou-se um aumento médio de 50% na produtividade de madeira ao utilizar clones elites em comparação com a média de plantios seminal. Ganhos significativos em relação à forma do fuste, também tem sido observado. Após essa fase, nos ciclos subsequentes de seleção, os ganhos para caracteres quantitativos tendem a ser menores e são alcançados por meio de um programa de melhoramento contínuo baseado na seleção recorrente (Proteca, 2021).

O programa de melhoramento genético da teca, que visa aumentar a resistência a doenças fúngicas, é desenvolvido pelo Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV) localizado em Cáceres-MT, tem demonstrado resultados positivos (Figura 1A). Destacando se nacionalmente na pesquisa genética voltada para a identificação dos genes associados à resistência a fungos patogênicos, este programa é crucial para enfrentar as principais doenças que afetam as plantações de teca na região de Mato Grosso e Brasil.

Entre os patógenos de maior preocupação estão o *Lasiodiplodia theobromae*, responsável pelo cancro da teca, e o *Ceratocystis fimbriata*, que causa a murcha de *Ceratocystis*. O *L. theobromae* provoca danos que afetam diretamente a qualidade das toras, comprometendo o valor comercial da madeira. Por outro lado, o *C. fimbriata* é conhecido por causar murcha, uma doença que pode levar à morte das árvores e à redução significativa na produção de madeira.

Os estudos iniciais sobre a resistência da teca à murcha, causada por *C. fimbriata*, foram conduzidos por Oliveira et al. (2021), que identificaram genótipos resistentes. Posteriormente, Jesus (2021) investigou a filogenia do fungo, enquanto Amorim (2023) analisou genótipos de teca resistentes e suscetíveis. Anjos et al. (2023) por outro lado, concentraram sua pesquisa na origem dos genótipos de teca e nos SNPS associados à resistência ao fungo *C. fimbriata*. Recentemente, Viana (2024) desenvolveu um protocolo para detecção desse patógeno em teca usando qPCR.

Nesse contexto de produções acadêmicas, o programa de melhoramento da teca prosseguiu com a caracterização cultural e teste de patogenicidade do fungo *L. theobromae* (Melo, 2023), e a identificação de genótipos de teca resistentes a esse fungo (Jesus, 2024). Ainda no ano de 2024, o programa encontra-se na fase de análise de genótipos, visto que as características individuais das plantas são estudadas para selecionar os melhores candidatos ao melhoramento genético, visando a resistência tanto ao cancro da teca, quanto à murcha de *Ceratocystis*.

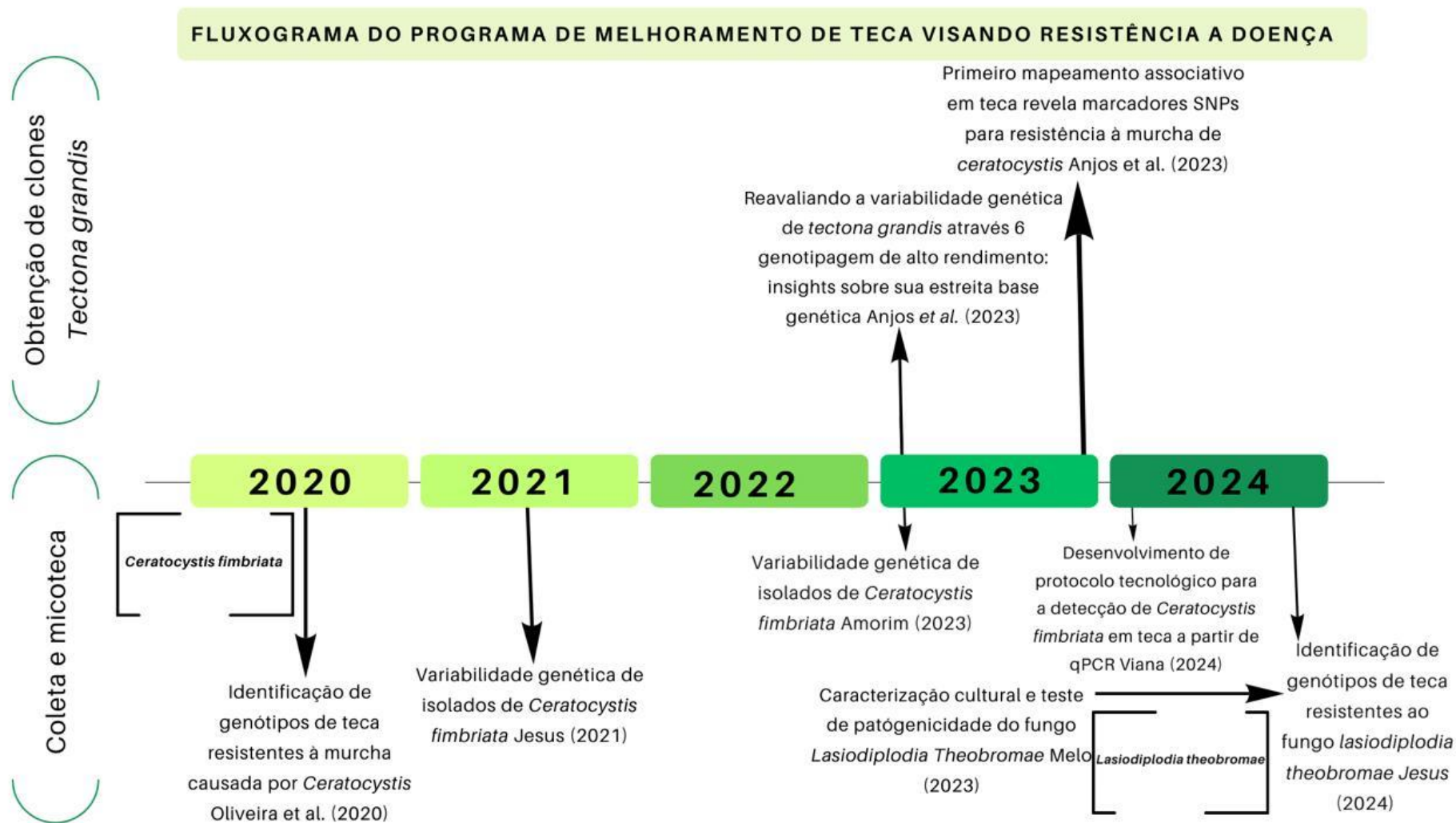


Figura 1A. Fluxograma dos principais trabalhos de pesquisa envolvendo os fungos causadores da doença da teca *Lasiodiplodia theobromae* e *Ceratocystis Fimbriata* da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Cáceres

2.4. Registro e Proteção de Cultivares no Brasil

O Registro Nacional de Cultivares (RNC) foi estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da Portaria nº 527, de 30 de dezembro de 1997, visando criar estratégias para coordenar, organizar e supervisionar a produção e comercialização de sementes e mudas no Brasil (Carvalho et al., 2018). O RNC é regulado pela Lei de Sementes nº 10.711/03 (Brasil, 2009), que autoriza a comercialização, produção e beneficiamento de sementes e mudas de cultivares em todo o país.

Os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) são realizados para a avaliação final das linhagens selecionadas em testes preliminares de rendimento, em diferentes condições ambientais, a teca não tem descritores para registro, somente proteção. O objetivo é obter informações agrônômicas detalhadas para o lançamento de novas variedades, e a partir desses ensaios, são atendidos os requisitos mínimos para registro no RNC (Oliveira et al., 2012).

O mantenedor é o indivíduo ou entidade legal encarregado de manter um estoque mínimo de material propagativo de uma cultivar registrada no RNC, garantindo a preservação de suas características genéticas e pureza varietal. É crucial que novas cultivares sejam prontamente disponibilizadas aos agricultores, já que representam os mais recentes progressos na pesquisa genética de plantas (Carvalho et al., 2018).

A adesão do Brasil à União Internacional para a Proteção de Obtenções Vegetais (UPOV) foi promulgada pelo Decreto nº 3.109, de 30 de junho de 1999 (Carvalho et al., 2018). A UPOV, criada em 1998, é uma organização intergovernamental global com a missão de organizar e promover um sistema eficaz de proteção de cultivares de plantas e com o objetivo de estimular o desenvolvimento de novas cultivares em benefício da sociedade (Santos et al., 2012).

Em 25 de abril de 1997, o Brasil integrou ao seu ordenamento jurídico a Lei nº 9.456, conhecida como Lei de Proteção de Cultivares (LPC). Este importante marco legal desempenha um papel significativo nas políticas públicas voltadas para o setor agropecuário brasileiro (Brasil, 2011). O Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) assegura os direitos de propriedade intelectual aos melhoristas/criadores de uma nova cultivar, caracterizada como distinta homogênea e estável, resultante de melhoramento vegetal e/ou engenharia genética. Essa proteção garante o reconhecimento e a segurança dos direitos, impedindo que terceiros utilizem suas variedades sem

autorização, o que proporciona retorno sobre o investimento feito no desenvolvimento das novas cultivares (Brasil, 2011).

A proteção é baseada em cinco atributos necessários: novidade, denominação própria, distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade, e as diretrizes são adaptadas para cada espécie vegetal. Os requisitos para a proteção envolvem a verificação das características da cultivar por meio de ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE), os quais são conduzidos para espécies que possuem descritores morfológicos publicados no Diário Oficial pelo MAPA (Aviani et al., 2008). Quando os descritores específicos da espécie (ou gênero) não estão disponíveis, os responsáveis pelos ensaios de DHE devem contatar o MAPA/SNPC para a elaboração e publicação das diretrizes correspondentes (Brasil, 2011). No caso das cultivares de teca, o SNPC colaborou com pesquisadores e empresas para desenvolver critérios específicos, dada a ausência de orientações internacionais para a proteção de cultivares dessa espécie (MAPA, 2020).

Conforme a LPC, os descritores são características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas ou moleculares geneticamente herdadas, cruciais para a identificação e distinção de cultivares ao longo das gerações (Brasil, 2011). Esses descritores são essenciais para o registro e proteção de cultivares, garantindo que novas variedades sejam uniformes, estáveis e claramente identificáveis ao longo do tempo. São de fácil visualização e mensuração, facilitando seu uso por uma ampla gama de usuários, desde cientistas até agricultores. Além disso, contribuem significativamente para a comercialização e aceitação das cultivares no mercado global (Brasil, 2011).

A denominação atribuída a cultivar protegida deve ser exclusiva em todos os países onde seja registrada ou protegida. Essa designação deve diferir de qualquer outra já cadastrada para a mesma espécie, evitando induzir a equívocos sobre a origem ou características intrínsecas da cultivar. Além disso, não pode consistir apenas em números, deve conter no máximo três palavras e não pode incluir símbolos (Brasil, 2007). Para assegurar os direitos intelectuais sobre a cultivar, é emitido um certificado de proteção de cultivares, considerado um ativo essencial para salvaguardar espécies superiores de plantas (Brasil, 2009).

É comum haver confusão entre o registro e a proteção de cultivares. O registro de cultivares é uma ferramenta vital para proteger agricultores contra a aquisição de sementes e mudas inadequadas às condições edafoclimáticas do Brasil, sendo um processo relativamente econômico em comparação com a proteção de cultivares. Esse processo

certifica a identidade e a qualidade da cultivar, garantindo que as variedades disponíveis atendam aos padrões estabelecidos, o que é fundamental para a seleção de plantas adequadas ao ambiente local (Aviani et al., 2008).

A proteção de cultivares, por sua vez, vai além do registro ao resguardar os direitos de propriedade intelectual dos melhoristas e produtores. Isso assegura que terceiros não possam utilizar suas variedades sem autorização, proporcionando um retorno justo sobre o investimento feito no desenvolvimento das novas cultivares. Envolve a verificação minuciosa das características da cultivar por meio de ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade, que são essenciais para garantir a exclusividade e a integridade genética das novas variedades (Aviani et al., 2008; Brasil, 2011).

Esses processos são cruciais para promover a inovação e o avanço na agricultura, assegurando o desenvolvimento, compartilhamento e uso ético das cultivares melhoradas. Além disso, garantem o direito à exploração comercial e recebimento de royalties por um período específico, incentivando a pesquisa contínua e o desenvolvimento de novas variedades que atendam às demandas do mercado e às necessidades dos produtores (Aviani et al., 2008; Castro et al., 2006).

Atualmente, apenas três cultivares de teca estão registradas no RNC, sem nenhuma protegida até o momento (MAPA, 2024). A limitada diversidade genética dificulta a escolha de plantas ideais para as necessidades específicas dos produtores, destacando a urgência de desenvolver novas cultivares. O registro e proteção de novas variedades não só permite a introdução de características superiores, como crescimento rápido e qualidade da madeira, mas também incentiva pesquisas no setor ao oferecer *royalties* aos melhoristas. Cultivares registradas e protegidas têm vantagens em mercados internacionais, potencializando as oportunidades de exportação e fortalecendo a economia nacional.

3. REFERÊNCIAS

- AMORIM SILVA, F.A. **Variabilidade genética em teca quanto a resistência a murcha de *Ceratocystis* : uma abordagem baseada em estudos fenotípicos e genômicos**. UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso, 2023. 103p. (Tese – Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade).
- AVIANI, D.M.; SANTOS, F.S.; CARVALHO, I.M.; MACHADO, V.L.S.; PACHECO, L.G.P.A. 2008. Abordagem sobre **Proteção e Registro de Cultivares**. In: FALEIRO FG, FARIAS NETO AL; RIBEIRO JUNIOR WQ. (eds.). Pré melhoramento, melhoramento e pós melhoramento: estratégias e desafios. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2008. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 167-183.
- BRASIL. 2009a, 28 de abril. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de cultivares: orientações e informações técnicas. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/porta1/docs/page/mapa/servicos/cultivares/sementes_mudas_novo/informacoes_usuarios/informe_2007_corrigido_0.pdf>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.MAPA/2020
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Legislação brasileira sobre sementes e mudas: Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003, Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 e outros**. Brasília: MAPA/SDA/CSM, 2007. 318 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Proteção de Cultivares no Brasil / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2011. 202 p.
- CÁCERES FLORESTAL. **Manual do cultivo da teca**, 2006. Disponível em: Acesso em: 10 set. 2023. 06 p.
- CÁCERES FLORESTAL. **Plano de manejo florestal sustentável**. Cáceres: Cáceres Florestal, 2015. 13 p. Disponível em: http://www.caceresflorestal.com.br/plano_de_manejo_SUMARIO_versao_dez_15.pdf. Acesso em: 3 jul.2024.
- CARVALHO, CASSARO S. et al. Experiência com Descritores, Registro e Proteção de cultivares de hortaliças: estudo de caso com berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 146-155, 2018.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Registro e proteção de cultivares pelo setor público: a experiência do programa de melhoramento de Capsicum da Embrapa Hortaliças. **Horticultura Brasileira**, 2009, 27, 2, 135-138.
- CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M.V.; LOPES, M.A.; MACHADO, M.S.; MARTINS, M.A.G. 2006. **O futuro do melhoramento genético vegetal no Brasil: impactos da biotecnologia e das leis de proteção de conhecimento** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 506p.

COSTA, E.X.; ALARCÃO, A.D.; CARVALHO, I.M. **Registro nacional de cultivares RNC: Orientações e Informações técnicas.** 2007. Disponível em: http://www.apps.agr.br/upload/ax4_2303201228119500_informeusuariornc.pdf> Acesso em: 30 set. 2023. 10 p.

DA ROCHA, H. F.; LEONARDO, SILVA, F.V.; OLIVEIRA, AYLSON COSTA. **Plantios comerciais de *Tectona grandis* Lf no Brasil.** Multitemas, 2015. doi: 10.20435/multi.v0i48.137

DANIDA FOREST SEED. *Tectona grandis* L.F. **Seed Leaflet**, n. 12, 2002.

DIALLO, A.; GBEASSOR, M.; VOVOR, A.; EKLUGADEGBEKEU, K.; AKLIKOKOU, K.; AGBONON, A.; ABENA, A.A.; SOUZA, C. de.; AKPAGANA, K. Effect of *Tectona grandis* on phenylhydrazine-induced anaemia in rats. **Fitoterapia**, v. 79, n. 5, p. 332-336, 2008. doi: 10.1016/j.fitote.2008.02.005.

DOS ANJOS, I.V.; GILIO T.A.S.; AMORIM, A.F.S.; DE JESUS, J.G.; CHIMELLO, A.M.; TAKIZAWA, F.H, et al. (2023) Reassessing the genetic variability of *Tectona grandis* through high-throughput genotyping: Insights into its narrow genetic base. **PLoS UM18(10)**: e0285518. <https://doi.org/10.1371/journal>.

TAKIZAWA, F. Workshop. **Defesa Florestal. Indústria Brasileira de Árvore** (Ibá). 2023. 50p.

GOSWAMI, D. V.; NIRMAL, S. A.; PATIL, M. J.; DIGHE, N. S.; LAWARE, R. B.; PATTAN, S. R. An overview of *Tectona grandis*: chemistry and pharmacological profile. **Journal Pharmacognosy Reviews**, v. 3, n. 5, p. 181-185, 2009.

JESUS, B. J. **Identificação de genótipos de teca resistentes ao fungo *Lasiodiplodia theobromae*** Unemat: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2024. 35p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

JESUS, G. J. **Variabilidade genética de isolados de *Ceratocystis fimbriata* em teca dos estados de Mato Grosso e Pará.** Unemat: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2021. 36p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

KERTADIKARA, A. W. S.; PRAT, D. Genetic struture and mating system in teak (*Tectona grandis* L. f.). **Silvae Genetica**, v. 44, n. 2-3, p. 104-110, 1995.

KJAER, E. D.; SUANGTHO, V. Outcrossing rate of teak (*Tectona grandis* L. f.). **Silvae Genetica**, v. 44, n. 4, p. 175-177, 1995.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; CASTRO, F. S.; PIMENTA, L. R. Zoneamento climático para teca, cedro australiano, nim indiano e pupunha no estado do Espírito Santo. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 671-680, 2013. doi: <https://doi.org/10.5380/rf.v43i4.30914>

KOLLERT, W.; KLEINE, M. A análise, avaliação e potencial futuro dos estudos globais de teca. **IUFRO World Series** Volume 36, Viena; 2017. ISSN 1016-3263.

KOLLERT, W.; WALOTEK, P. J. Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban. Rome, Italy: FAO, 2015. 36 p. (FAO. Planted forests and trees working paper series, 49). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5023e.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

KUMAR, A. Genetic improvement of teak in India for growth and timber quality. In: Regional workshop on “**enhancing the conservation and sustainable management of teak forests and legal and sustainable wood supply chains in the greater mekong sub-region**”, **2019, Yangon, Myanmar**. Keynote presentation [...]. Yangon, Myanmar: RETC-AFoCO, 2019. Disponível em: https://teaknet.org/download/teaknet2014/Session%20II/conf_2.pdf. Acesso em: 11 set. 2023.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1990. 343 p.

LI, B.; CANTINO, P. D.; OLMSTEAD, R. G.; BRAMLEY, G. L. C.; XIANG, C. L.; MA, Z. H.; TAN, Y. H.; ZHANG, D. X. A large-scale chloroplast phylogeny of the Lamiaceae sheds new light on its subfamilial classification. **Nature: Scientific Reports**, v. 6, article number 34343, 2016. doi: <https://doi.org/10.1038/srep34343>.

LI, B.; OLMSTEAD, R. G. Two new subfamilies in Lamiaceae. **Phytotaxa**, v. 313, n. 2, p. 222-226, 2017. doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.313.2.9>.

LOUPPE, D. LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (ed.). **Plant resources of Tropical Africa: ressources végétales de l'Afrique tropicale**. Wageningen: PROTA Foundation, 2005.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 382 p.

MELO, S.S. **Estudo do cancro da teca: caracterização cultural e teste de patogenicidade do fungo: *Lasiodiplodia theobromae*** Unemat: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023. 50p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

MIDGLEY, S.; SOMAIYA, R. T.; STEVENS, P. R.; BROWN, A.; KIEN, N. D.; LAITY, R. **Planted teak: global production and markets, with reference to Solomon Islands**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), 2015. 31 p.

NIDAVANI, R. B.; MAHALAKSHMI, A. M. Pharmacology of *Tectona grandis* Linn f.: short review. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**, v. 6, n. 1, p. 86-90, 2014a.

NIDAVANI, R. B.; MAHALAKSHMI, A. M. Teak (*Tectona grandis* Linn f.): a renowned timber plant with potential medicinal values. **International Journal Pharmacy Sciences**, v. 6, n. 1, p. 48-54, 2014b.

OLIVEIRA, C.A.C.; MARTINS, G.M.J.; SANTOS, F.A.S.; ANJOS, I.V.; AMORIM, A.F.S.; PREISIGKE, S.C.; GILIO, T.A.S.; ARAÚJO, K.L.; NEVES, L.G. (2021). Selection of teak clones resistant to the fungus *Ceratocystis fimbriata*. **Scientia Forestalis**, 49(130), e3553. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.21>.

OLIVEIRA, FILIPE ANTONIO et al. **Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) de genótipos tipos especiais, do programa de melhoramento genético** da Embrapa-safra 2012.

PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (ed.). **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 17 p.

PROTECA. **Teca clonal: a genética a favor de sua floresta**. Disponível em: <https://proteca.com.br/tecaclonal/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2021.

RONDON NETO R. M.; MACEDO, R. L. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L. f. (teca). **Boletim Técnico: Série Extensão**, v. 7, n. 33, p. 1-29, 1998.

BETANCOURT, J.L.R. et al. Descritores morfológicos para a caracterização de mudas clonais de teca (*Tectona grandis* LF. **Revista Árvore**, v. 45, p. e4522, 2021. doi:10.1590/1806-908820210000022.

SANTOS, F.S.; AVIANI, D.M.; HIDALGO, J.A.F.; MACHADO, R.Z.; ARAÚJO, S.P. 2012. **Evolução, importância e avaliação da proteção de cultivares no Brasil: o trabalho do SNPC**. Melhoramento de culturas e biotecnologia aplicadaS2: 99-110.

SANTOS, I.T.B.F. et al. Queima de folhas em *Tectona grandis* Linn. f. causadas por *Phomopsis* sp. em Sergipe. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2018.

SHALINI, SRIVASTAVA R.; SRIVASTAV, Rachana. Antifungal activity screening and HPLC analysis of crude extract from *Tectona grandis*, Shilajit, Valeriana wallachi. **The International Journal of Alternative Medicine**, v. 5, n. 2, p. 1540-2584, 2008

SURENDRAN, T. **Growth of field planted teak clones at Karulai**. Thrissur: Kerala Forest Research Institute, 2014. 20 p. (Kerala Forest Research Institute. KFRI Research Report, 485). Disponível em: <http://docs.kfri.res.in/KFRI-RR/KFRI-RR485.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

REIS, C.A. F. **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2023. pdf (734 p.): il. Color.

TAKIZAWA, F.H.; MEDEIROS, R.A.; LEITE, H. G.; BORÉM, A. **Teca do plantio a colheita**. Viçosa – MG, Ed. UFV, 2022, 344 p.

TAKIZAWA, F.H. et al. Teca: do plantio a colheita/ Viçosa, MG: Ed. UFV, 2022. 344 p. Do plantio a colheita. ÁRVORES, I. B. D. Relatório Anual IBA. **IBA: São Paulo, Brasil**, p. 91, 2023.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species: *Tectona grandis* L. f.** [2021b]. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-202018>. Acesso em: 16 mar. 2021.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species: *Tectona***. [2021a]: Disponível em: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Lamiaceae/Tectonal>. Acesso em: 09 julh. 2024.

VARMA, S.B.; GIRI, SAPNA P. Study of wound healing activity of *Tectona grandis* Linn. leaf extract on rats. **Ancient Science of Life**, v. 32, n. 4, p. 241-244, 2013.

VIANA NUNES, F.Y. **Desenvolvimento de protocolo tecnológico para a detecção de *Ceratocystis fimbriata* em teca a partir de qPCR**. Unemat: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2024. 53p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

VYAS, P.; YADAV, D. K.; KHANDELWAL, P. *Tectona grandis* (teak): a review on its phytochemical and therapeutic potential. **Natural Product Research**, v. 33, n.16, p. 2338-2354, 2019. doi: <https://doi.org/10.1080>.

ZHAO, F.; CHEN, Y. P.; SALMAKI, Y.; DREW, B. T.; WILSON, T. C.; SCHEEN, A. C.; CELEP, F.; BRÄUCHLER, C.; BENDIKSBY, M.; WANG, Q.; MIN, D. Z.; PENG, H.; OLMSTEAD, R. G.; LI, B.; XIANG, C. L. An updated tribal classification of Lamiaceae based on plastome phylogenomics. **BMC Biology**, v. 19, n. 2, p. 1-27, 2021. doi:10.1186/s12915-020-00931-z.

4. CAPÍTULO

Artigo formatado com base nas normas da revista *Agronomy for sustainable development*
Avaliação de genótipos elites de teca com potencial para registro e proteção de cultivares

RESUMO

A teca é uma árvore da família Lamiaceae, foi introduzida no Brasil em meados de 1968. Apesar de seu cultivo extenso no país, a comercialização de mudas de teca ainda é ilegal, pois essas mudas não possuem registro. Para a comercialização, as cultivares devem ser registradas no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) também passar por processos de proteção de cultivares, assegurando direitos exclusivos. O objetivo do estudo é descrever os procedimentos técnicos de comprovação de que as cultivares de teca distingue de outras, através das avaliações de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade para registro e proteção das mesmas. O trabalho foi realizado na UNEMAT, em Cáceres-MT. Foram avaliados 20 genótipos de teca clonais, incluindo mudas e plantas adultas. As mudas, com 120 dias, foram cultivadas em telado sombreado no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da UNEMAT, enquanto as plantas adultas, com 2 a 3 anos, foram analisadas na fazenda experimental da TRC-*Teak Resources* LTDA em Joaquim Nabuco-PE. Foram usados 22 descritores morfoagronômicos em um delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com três repetições e duas plantas por parcela. Os dados foram examinados utilizando estatística descritiva, com base no algoritmo de Gower, foi realizado uma análise conjunta das variáveis quantitativas e qualitativas para estimar a matrizes de dissimilaridade genética entre os clones. A matriz de dados foi submetida a uma análise multivariada usando o agrupamento de ligação média entre grupos (UPGMA). A variação genética foi ilustrada por um dendrograma gerado pelo método hierárquico. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software Genes. Para atribuir notas e classificar os genótipos em relação aos descritores quantitativos, foram mensurados e realizado distribuição de frequência de classes. Diante dessa avaliação os genótipos avaliados apresentaram dissimilaridade quanto ao tamanho das folhas, das 22 características avaliadas, apenas a cor da pubescência do caule foi incolor com isso, mostrou-se uniforme entre todos os genótipos estudados. Ao observar o dendrograma identificaram-se quatro grupos com diversidade genética entre os genótipos, indicando potencial para o registro e proteção de novas cultivares.

Palavras-Chave: *Tectona grandis*, Melhoramento Genético, Nova Cultivar.

ABSTRACT

Teak is a tree belonging to the Lamiaceae family, introduced to Brazil in mid-1968. Despite its extensive cultivation in the country, the commercialization of teak seedlings remains illegal, as these seedlings are not registered. To be commercialized, cultivars must be registered with the Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) and must also undergo cultivar protection processes to ensure exclusive rights. The objective of this study is to describe the technical procedures necessary to demonstrate that teak cultivars are distinct from others by assessing Distinctness, Uniformity, and Stability for their registration and protection. The work was carried out at UNEMAT in Cáceres-MT. Twenty clonal teak genotypes were evaluated, including seedlings and adult plants. The seedlings, aged 120 days, were grown under shaded screens at the Laboratory of Plant Genetic Improvement at UNEMAT, while the adult plants, aged 2 to 3 years, were analyzed at the experimental farm of TRC-Teak Resources LTDA in Joaquim Nabuco-PE. Twenty-two morphoagronomic descriptors were used in a randomized block design, with three replicates and two plants per plot. The data were examined using descriptive statistics based on the Gower algorithm, and a joint analysis of quantitative and qualitative variables was performed to estimate the genetic dissimilarity matrix between clones. The data matrix was subjected to multivariate analysis using the between-group average linkage clustering (UP-GMA) method. Genetic variation was illustrated by a dendrogram generated through the hierarchical method. All statistical analyses were performed using the Genes software. To assign scores and classify the genotypes in relation to the quantitative descriptors, measurements were taken, and frequency distributions of classes were performed. The evaluation revealed dissimilarity among the genotypes regarding leaf size. Of the 22 characteristics assessed, only the color of the stem pubescence was colorless, indicating uniformity among all the studied genotypes. The dendrogram analysis identified four groups with genetic diversity among the genotypes, suggesting potential for the registration and protection of new cultivars.

Keyword: *Tectona Grandis*, Plant breeding, New Cultivate.

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.F.) é uma árvore, pertencente à família Lamiaceae, conhecida por ser uma das madeiras tropicais mais plantadas no mundo. É nativa de regiões do sudeste asiático, como a Índia, Myanmar (Birmânia), Tailândia e Laos (Walotek 2015). A espécie foi introduzida no Brasil em meados de 1968 pela Cáceres Florestal S/A, com o plantio comercial iniciado em 1971 no município de Cáceres - MT, onde as condições climáticas são favoráveis ao seu crescimento, semelhantes às encontradas em seu país de origem (Cáceres Florestal S/A 2015).

A espécie demonstrou excelente adaptação no Brasil, beneficiando-se de um ciclo produtivo mais curto em comparação com a região de origem, onde o ciclo de produção pode chegar a 80 anos. No Brasil o ciclo médio de crescimento da teca é de aproximadamente 25 anos, o que é considerado lucrativo devido ao rápido desenvolvimento da cultura, o que tem impulsionado o crescimento do cultivo no Brasil (Rocha 2015). Em 2022, a área total dedicada à silvicultura no Brasil alcançou 9,94 milhões de hectares, refletindo um aumento de 0,3% em comparação com os 9,75 milhões de hectares registrados em 2021. Dentro dessa extensão, aproximadamente 76 mil hectares são destinados ao plantio de teca, com 80% desses plantios concentrados nos estados de Mato Grosso e Pará (Indústria brasileira de árvores 2023).

A madeira de teca é muito reconhecida no mercado internacional devido às suas propriedades tecnológicas excepcionais, tais como durabilidade, resistência ao sol, calor e frio, e é usada para faqueados e laminados (sofisticados compensados e painéis). Sua versatilidade e durabilidade a tornam uma escolha popular em muitas indústrias, conferindo-lhe um maior valor agregado, sendo utilizada em decks, lambris, janelas, pisos e portas usados na construção civil e naval, entre outros usos Kollert e Kleine (2017).

Para assegurar a produção de teca de alto padrão em plantações florestais, têm sido implementados programas de melhoramento genético, especialmente na América Latina e Ásia. Estes programas são direcionados para a seleção de atributos de qualidade da madeira, como crescimento vigoroso, tronco retilíneo e limpo, coloração, padrão de grãos e textura, além de garantir estabilidade, resistência e durabilidade Kollert e Kleine (2017).

Além disso, a implementação de programas de melhoramento genético, aliada à proteção de cultivares, potencializa não apenas a qualidade da teca, mas também a eficiência e a sustentabilidade das plantações florestais. A proteção de cultivares proporciona uma série de vantagens, tais como o incremento da produtividade agrícola, a intensificação das atividades de melhoramento genético e, consequentemente, um aumento no número de novas cultivares (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA 2020). Os requisitos legais para a proteção de cultivares incluem que o genótipo seja resultado de melhoramento genético e demonstre distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) (Reategui-Betancourt 2021). Durante os exames de DHE, é fundamental garantir que a nova cultivar seja claramente distinguível das cultivares conhecidas mais similares, esse fato assegura que as novas cultivares sejam devidamente avaliadas e reconhecidas por suas características únicas (MAPA 2011).

O registro de cultivares viabiliza a produção e comercialização de sementes e mudas no país. Isso garante que produtores, distribuidores e consumidores possam realizar negociações de forma confiável, estabelecendo uma base segura e legal para as transações comerciais, envolvendo o material de propagação dessa espécie. Este processo é fundamental para os programas de melhoramento, pois assegura a integridade genética e a qualidade das variedades registradas (Carvalho 2009). No Brasil, existem somente três cultivares de *T. grandis* registradas (BR2, TG1 e TG3), e nenhuma protegida reforçando a importância de registrar novas cultivares de teca e as disponibilizar para o mercado (Brasil 2024).

O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos elites de teca por meio dos descritores propostos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para solicitar o pedido de proteção e registro de novas cultivares. Isso visa assegurar a confiabilidade na aquisição de clones de uma cultivar com controle de gerações, adaptado ao ambiente de produção, garantindo assim as características agrônômicas da cultivar. Essa prática facilita o comércio e contribui para o desenvolvimento sustentável da indústria florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de DHE

Para atender aos descritores mínimos estabelecidos pelo MAPA (2020) para os ensaios de DHE da teca, este trabalho foi conduzido em duas etapas distintas: a avaliação de mudas e a avaliação de árvores juvenil de teca com dois e três anos de idade. Essa abordagem crítica assegura que as características essenciais das cultivares sejam rigorosamente analisadas, garantindo a conformidade com os padrões necessários para a proteção de novas cultivares.

Para a avaliação de mudas de teca com 120 dias de idade, o experimento foi conduzido em telado sombreado (sombrite 70%) do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no município de Cáceres-MT, localizado a 210 km de Cuiabá, entre as latitudes 15° 27' e 17° 37' S e as longitudes 57° 00' e 58° 48' O e altitude de 118 m, no período de novembro de 2023 a maio de 2024. Segundo Silva e Cunha (2008), é classificado como tropical, o clima da região de Cáceres.

Tabela 1. Identificação dos 20 genótipos de teca selecionados provenientes da *Teak Resources Company* (TRC)

Identificação dos clones	Origem	Resistência	Referência
Unemat1	Índia	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat2	Índia		
Unemat3	Malásia		
Unemat4	Malásia	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat5	Malásia	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat6	Desconhecido	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat7	Desconhecido	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat8	Desconhecido	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat9	Brasil		
Unemat10	Brasil		
Unemat11	Malásia		
Unemat12	Brasil		
Unemat13	Malásia		
Unemat14	Malásia	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat15	Brasil	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat16	Malásia	<i>C. fimbriata/L. theobromae</i>	Jesus (2024)
Unemat17	Malásia		
Unemat18	Malásia	<i>C. fimbriata</i>	Anjos e Amorim (2023)
Unemat19	Malásia	<i>C. fimbriata/L. theobromae</i>	Jesus (2024)
Unemat20	Brasil		

Para este experimento, foram utilizados 20 genótipos de teca (Tabela 1), clones selecionados, avaliados em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições e duas plantas por parcela. Os clones são provenientes da empresa *Teak Resources Company* (TRC), as mudas foram disponibilizadas em tubetes de polietileno, já apresentando enraizamento para serem transplantadas.

As mudas foram transplantadas em vasos de 3,5L contendo uma mistura de substrato comercial + areia na proporção de 1:2, em seguida foi feito adubação de pré-plantio e de pós-plantio a cada 15 dias (Tabela 2). Nesse período, também foi feito adubação foliar, utilizando-se 2 ml/L de Niphokam 585 para 2ml/L de água. A irrigação foi realizada manualmente duas vezes ao dia, ajustada de acordo com a necessidade das plantas. A quantidade de água aplicada foi controlada para alcançar a profundidade das raízes sem causar excesso de umidade no solo.

Tabela 2. Componentes e quantidade da adução pré e pós-plantio das mudas em g/vaso.

Adubo	Pré-plantio	Pós-plantio
Gesso	4,3	4,3
Ureia	0,19	0,38
Super Fosfato Simples	1,25	1,25
Cloreto de Potássio	0,17	0,34
Sulfato de Magnésio*	1,4	2,8
FTE (micronutrientes)	0,5	0,5

*Adubo aplicado somente na primeira e na última quinzena. .

A segunda etapa foi a avaliação das plantas na fazenda experimental da empresa TRC, localizada em Joaquim Nabuco – PE, entre a Latitude: 8° 37' 32" Sul, Longitude: 35° 31' 40" Oeste e 128 metros de altitude, o clima é considerado equatorial (Alvares 2014). Foram avaliados os mesmos genótipos com dois e três anos de idade que são clones, conforme a recomendação sugerida pelo MAPA, seguindo as instruções para a execução dos ensaios de DHE para cultivares de teca (MAPA 2020). Foram avaliados 22 descritores morfoagronômicos conforme a (Tabela suplementar 1), recomendados pelo MAPA (2020), tanto em mudas com 120 dias de idade quanto em plantas com dois e três anos de idade, observando-se as diferentes características em cada fase de desenvolvimento. A avaliação dessas características foi realizada através da comparação lado a lado, onde a distinguibilidade se baseou na observação direta do fenótipo. Cada genótipo, recebeu uma nota para cada característica, seguindo classes preestabelecidas, e a nota mais frequente (moda) foi atribuída ao conjunto de dados.

As características quantitativas foram transformadas em dados multicategóricos e analisadas estatisticamente, permitindo a padronização e classificação precisa dos descritores quantitativos através da definição de intervalos de valores distribuídos em classes numéricas. Os dados de produtividade foram avaliados em plantas adultas de 20 anos e foram disponibilizados pela TRC e calculados pela seguinte equação:

$$V = 3,1416 \times (\text{DAP})^2 \times \frac{1}{4} \times H \times 0,7 \text{ (fator de forma)} \times 0,9 \text{ (fator de aproveitamento)}.$$

- V representa a produtividade das plantas adultas (valor resultante da equação),
- DAP é o Diâmetro à Altura do Peito da planta (em metros),
- H é a altura da planta (em metros),
- 0,7 é o fator de forma,
- 0,9 é o fator de aproveitamento.

Análise dos dados

Foi utilizada a estatística descritiva da distribuição de frequência de variáveis contínuas, para obtenção dos valores relativos às classes propostas para cada descritor quantitativo proposto pelo MAPA. Utilizou-se o algoritmo de Gower (1971) para calcular as matrizes de dissimilaridade genética entre clones, considerando variáveis quantitativas e qualitativas. Posteriormente, os dados foram submetidos a uma análise de agrupamento UPGMA (Método de grupo de pares não ponderados usando médias aritméticas), resultando na construção de um dendrograma hierárquico que visualiza a variação genética entre os genótipos de teca. O Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) Sokal e Rohlf (1962) foi empregado para avaliar a concordância entre a matriz de distâncias e a estrutura do dendrograma. Todas as análises foram realizadas no *software* Genes (Cruz 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atribuir as notas e classificar os genótipos quanto aos descritores quantitativos, estes foram mensurados e realizado distribuição de frequência de classes, para maior precisão na atribuição da nota dada a cada descritor, a fim de diminuir o erro experimental oriundo somente com a visualização. O resultado dessa avaliação é apresentado na (Tabela 3). A categorização baseada em intervalos de valores permite uma classificação precisa dos descritores quantitativos, facilitando comparações significativas ao longo do tempo e entre diferentes estudos uma referência para futuras pesquisas de caracterização e avaliação (Cassaro 2022).

Tabela 3. Faixa de classes de características morfológicas quantitativas, notas atribuídas e identificação de características avaliadas em *Tectona grandis*

Características	Classe	Observação	Descrição
Lâmina Foliar: Comprimento (cm)	30 F 42	3	Curto
	43 F 54	5	Médio
	55 F 66	7	Longo
Lâmina Foliar: Largura (cm)	15.3 F 24	3	Estreita
	25 F 32.7	5	Média
	32.8 F 41.7	7	Larga
Lâmina Foliar: Comp./Largura (cm)	1.31 F 1.7	3	Baixa
	1.8 F 2.09	5	Média
	2.10 F 2.5	7	Alta

Diante desses resultados, os genótipos avaliados apresentaram dissimilaridade quanto ao tamanho das folhas. Para a característica da lâmina foliar, o comprimento foi classificado como médio em 17 genótipos, dois (Unemat12 e Unemat15) como curtos, e um (Unemat20) como longo. Quanto à largura, 17 genótipos apresentaram largura média, dois foram largos e um foi estreito. No que diz respeito à proporção comprimento/largura, oito genótipos foram classificados como médios, enquanto 12 foram considerados baixos, nenhum genótipo apresentou proporção alta.

De acordo com Figueiredo e Pinho de Sá (2015), as folhas de indivíduos adultos possuem um comprimento médio de 30 a 40 cm e uma largura de cerca de 25 cm. Em contraste, folhas de plantas com até 3 anos de idade podem atingir até o dobro dessas dimensões. Essa variação nas dimensões das folhas é relevante, pois a área foliar é um indicador crucial da produtividade das plantas.

Diversos estudos destacam que a área foliar desempenha um papel essencial na eficiência do processo fotossintético, que depende da captura e conversão da energia luminosa em energia química, sendo as folhas o principal órgão responsável por essa função. A taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e a interceptação da radiação solar são diretamente influenciadas pela extensão da área foliar. Além disso, o carbono fixado durante a fotossíntese é inicialmente armazenado nas folhas e, em seguida, distribuído para outras partes da planta. Portanto, a área foliar é fundamental para avaliar as taxas de crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente em relação às suas interações com o sistema solo-atmosfera. Assim, a diferença nas dimensões das folhas entre plantas jovens e adultas pode refletir variações na produtividade e no desenvolvimento das plantas (Braga 2018).

Das 22 características avaliadas (Tabela suplementar 1), apenas a cor da pubescência do caule foi incolor com isso, mostrou-se uniforme entre todos os genótipos estudados, sem variações identificadas. Entre as demais características analisadas, observou-se que 17 genótipos apresentaram margem inteira na lâmina foliar, enquanto três (Unemat15, Unemat5 e Unemat9) apresentaram margem dentada (Figura 1A). Ao avaliar a cor da casca do tronco, verificou-se ampla diversidade, incluindo cores como esbranquiçada, amarelada, esverdeada clara, esverdeada média e escura, sendo o Unemat20 o único que se destacou pela coloração esverdeada escura (Figura

1A).

A venação na lâmina foliar toca a margem em seis genótipos (Unemat2, Unemat5 Unemat7, Unemat13, Unemat19 e Unemat20), enquanto os demais não tocam a margem (Figura 1A). Em relação ao ramo, observou-se duas formas: ereto e curvado. Quanto ao brilho da lâmina foliar, três genótipos mostraram presença (Unemat2, Unemat12 e Unemat19) os restantes tiveram ausência do brilho.

Para a característica de intensidade da cor verde da lâmina foliar, 12 genótipos foram classificados apresentando intensidade média, e os demais foram identificados com coloração clara (Unemat6, Unemat8 e Unemat17) ou escura (Unemat2, Unemat3, Unemat5, Unemat13 e Unemat18). Referente à cor do caule, 18 genótipos apresentaram coloração amarronzada clara, e Unemat6 destacou-se por sua coloração esverdeada escura (Figura 1A).

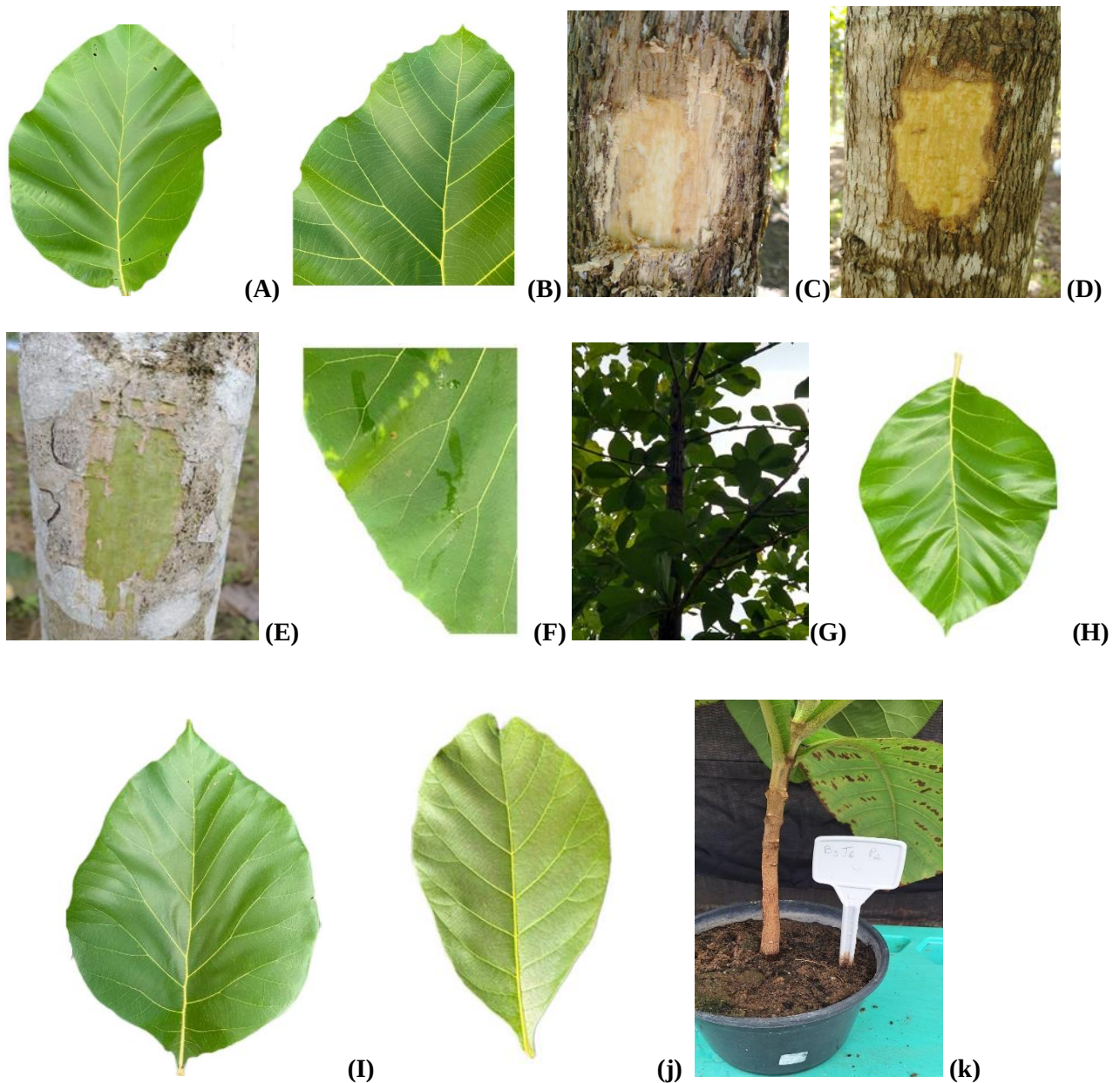


Figura 1A. Formas das folhas, casca, caule e ramo de *Tectona grandis* L. f. encontrados no presente trabalho: **(A)** Lâmina foliar inteira Unemat1; **(B)** Lâmina foliar dentada Unemat5; **(C)** Cor da casca do tronco amarelada Unemat6; **(D)** Cor da casca do tronco esverdeada clara Unemat4; **(E)** Esverdeada escura Unemat20; **(F)** Presença de venação Unemat2; **(G)** Ramo Ereto Unemat2; **(H)** Presença de brilho Unemat2; **(I)** Ausência de brilho Unemat1; **(J)** Intensidade da cor verde da folha média Unemat1; **(K)** Cor do caule amarronzada escura Unemat6.

Dos 20 genótipos avaliados, o formato da lâmina foliar que mais se repetiu foi o obovado. Resultado semelhante foi encontrado por (Miranda 2013), que ao caracterizar morfológicamente e avaliar o desenvolvimento inicial de clones de teca, observou plantas com folhas de forma elíptica nas mais jovens e oval nas maiores e maduras.

O agrupamento pelo método hierárquico UPGMA alcançou um ajuste de 56% com as distâncias originais. Isso significa que, para o agrupamento, o coeficiente de correlação cofenética é $r = 0,5615$. De acordo com (Vaz Patto 2004), os coeficientes de correlação cofenética $\geq 0,56$ indicam que o dendrograma reproduz satisfatoriamente a informação contida na matriz de correlação e na consequente formação do *clust*.

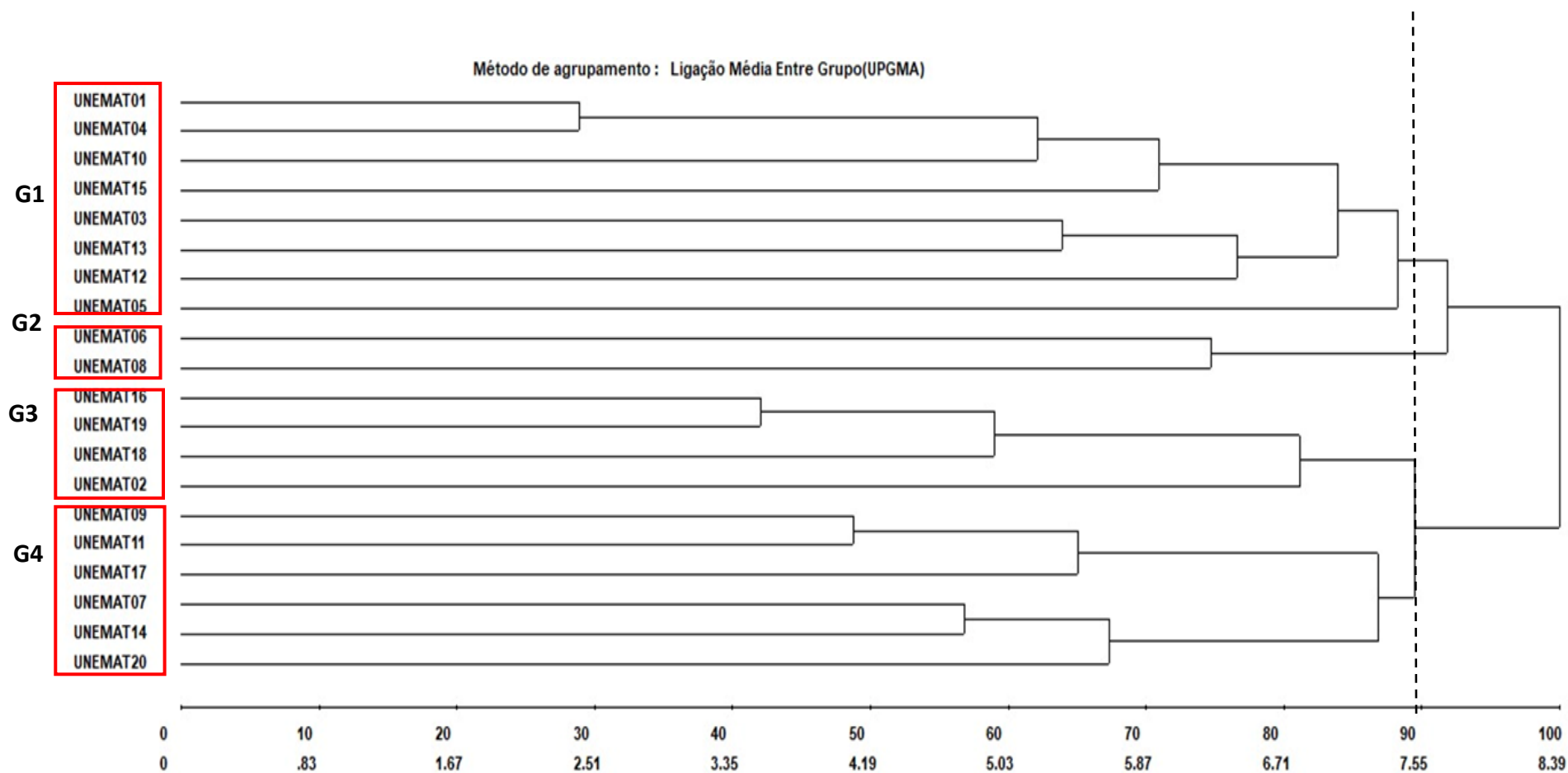


Figura 2B. Dendrograma representando a divergência genética entre 20 genótipos de *Tectona grandis* L. f. obtidos pelo método de agrupamento UPGMA a partir de descritores morfológicos. Cáceres, Mato Grosso, 2024.

Ao observar o dendrograma, nota-se que a linha de corte feita a 90% formou 04 grupos (Figura 2B): O primeiro grupo é constituído pelo maior número de genótipos (Unemat1, Unemat4, Unemat10, Unemat15, Unemat3, Unemat13, Unemat12 e Unemat5), demonstrando que esses materiais exibem características morfológicas semelhantes, como, lâmina foliar venação não toca a margem da folha, e sem pubescência no caule (Tabela suplementar 2).

O segundo grupo formado foi composto pelos genótipos Unemat6 e Unemat8, que demonstraram similaridade nas características observadas. Estas características incluem: intensidade da cor da lâmina foliar clara; lâmina foliar venação não toca a margem da folha; ausência de pubescência no caule; densidade da copa espessa; comprimento médio da lâmina foliar; largura média da lâmina foliar; extremidade da lâmina foliar do ápice acuminado longo; margem da lâmina foliar inteira; brilho da lâmina foliar ausente; pubescência na face inferior da lâmina foliar ausente e ângulo de inserção dos ramos reto. Em relação à produtividade, esses dois genótipos demonstraram semelhança nos dados obtidos com 48.52 vol. (m³.ha⁻¹) e 46.96 vol. (m³.ha⁻¹) respectivamente, sendo o grupo que menos se associaram com outros genótipos.

O terceiro grupo foi formado por quatro genótipos (Unemat16, Unemat19, Unemat18 e Unemat2), as características similares foram: sem presença de pecíolo nas folhas avaliadas; cor do caule amarronzada clara; ausência de pubescência no caule; cor da pubescência incolor; ausência de pubescência no ápice do caule; comprimento médio da lâmina foliar; formato obovado da lâmina foliar; margem da lâmina foliar inteira; ausência de pubescência na face inferior da lâmina foliar e ângulo de inserção dos ramos agudo no tronco. No estudo de (Reategui 2021), foram analisados os descritores morfológicos de clones de teca em diferentes idades, observando a presença de pecíolo. No entanto, as folhas jovens do ápice não foram incluídas, pois não apresentavam essa estrutura. A teca é uma espécie particular, devido à variação na presença de pecíolo ao longo do desenvolvimento da planta. As plantas maduras possuem pecíolo, enquanto as mais jovens se tornam sésseis (Lyngdoh 2007).

O último grupo se destacou-se por agrupar o maior número de genótipos, tornando-se o segundo grupo mais expressivo, composto por seis genótipos (Unemat9, Unemat11, Unemat17, Unemat7, Unemat14 e Unemat20). Esses genótipos compartilharam algumas características em comum: ausência de brilho na lâmina foliar; ausência de venação não toca a margem da folha; cor do caule amarronzada clara; ausência de pubescência no caule; cor da pubescência incolor; pubescência no ápice ausente; margem da lâmina foliar inteira; ângulo de inserção dos ramos agudo e persistência da casca do tronco alta (Tabela suplementar 2).

O emprego da UPGMA (árvores) na representação das distâncias em estudos multivariados é adotado em grande escala pelos pesquisadores das diferentes áreas de atuação. Este método, juntamente com as projeções bidimensionais, pode ser considerado como de maior verificação em publicações de resultados de pesquisa em periódicos. As avaliações morfológicas e agrônômicas são importantes para o melhoramento vegetal por serem de fácil mensuração e obtenção. A partir dessas avaliações, os mecanismos genéticos com seus respectivos efeitos são estimados, constituindo ferramentas úteis na condução dos programas de melhoramento e identificação de genótipos superiores no germoplasma (Resende 2007).

A produtividade da teca foi avaliada considerando plantas adultas de 20 anos de idade (Tabela suplementar 2). Para a teca, é considerado como valor superior um incremento médio anual (IMA) de volume de madeira entre 15-20 m³ha⁻¹ano⁻¹ (Reis 2023). Devido a isso, todos os genótipos avaliados apresentaram valores considerados altos em produtividade, atingindo o nível máximo possível, esses resultados são um reflexo positivo das práticas de seleção genética e manejo aplicadas, que foram eficazes em otimizar o crescimento e a produção das plantações de teca.

Os resultados do crescimento de clones foram revisados por (Ugalde Arias 2013), em diversas regiões do mundo. Ele identificou IMA de até 32 m³ por hectare por ano em algumas plantações clonais no México e no Brasil. Em plantações clonais de 10 anos no estado de Mato Grosso, observa-se um aumento anual no diâmetro de mais de 3 cm. Além disso, esses clones estão demonstrando um crescimento em altura excepcional e uma maior uniformidade no desenvolvimento das árvores. Com isso, um maior diâmetro e volume são indicativos de uma maior produtividade, porque refletem a quantidade e a qualidade da madeira produzida. Plantios clonais que mostram esses atributos podem ser mais lucrativos e eficientes em comparação com os tradicionais baseados em sementes.

De acordo com (Xavier 2009), o material genético clonal, por preservar as características da planta mãe, oferece uma uniformidade superior no povoamento e uma melhor adaptação às condições do local (Medeiros 2015), destacam que, atualmente, a busca por clones de teca mais produtivos está crescendo devido aos ganhos de produtividade e à crescente demanda do mercado por madeira de alta qualidade e quantidade. O registro e proteção de cultivares darão uma certeza dessa qualidade, garantindo que os produtores possam oferecer um produto consistente e valorizado no mercado, além de incentivar investimentos em pesquisa e desenvolvimento na área.

Em comparação com as plantações no Brasil e na Costa Rica, as plantações na Ásia geralmente apresentam menor produtividade, o que resulta em madeira mais densa, escura e uniforme (*Internacional Union of Timber organization* – ITTO 2009). A principal razão para isso, é o ciclo de rotação mais longo nas plantações asiáticas. Como consequência, os produtos obtidos são distintos, e as toras produzidas na Ásia tendem a alcançar preços mais altos no mercado (ITTO 2009). Em relação aos preços de exportação, a Costa Rica tem visto um crescimento contínuo desde 2010, estagnando em um patamar elevado de US\$780 por metro cúbico (m³) de toras. Enquanto isso, os produtos exportados pelo Brasil têm sido comercializados em torno de US\$550 por m³ (ITTO 2010).

CONCLUSÃO

O agrupamento gerado pelo método UPGMA resultou na identificação de quatro grupos formados que exibiram diversidade genética significativa entre os genótipos clonais de teca, evidenciando divergências entre as 22 características avaliadas. Os genótipos tem potencial para registro e proteção de novas cultivares, garantindo confiabilidade na aquisição de clones com controle de gerações. Ao garantir que os clones estejam adaptados ao ambiente de produção e que preservem as características agronômicas desejadas, este trabalho favorece impactos sociais e ambientais positivos.

A utilização de clones geneticamente melhorados pode reduzir a necessidade de defensivos agrícolas, promovendo uma agricultura mais sustentável. Além disso, o aumento das plantações de árvores contribui significativamente para a mitigação da emissão de dióxido de carbono (CO₂), melhorando a qualidade do ar e combatendo as alterações climáticas. O cultivo sustentável da teca pode gerar empregos nas comunidades rurais, proporcionando fontes alternativas de rendimento e promovendo o desenvolvimento econômico local.

Todos os 20 genótipos foram categorizados com um nível de produtividade considerado satisfatório, demonstrando um crescimento médio anual que atende às expectativas estabelecidas.

REFERÊNCIA

- Amorim AFS (2023) Variabilidade genética em teca quanto a resistência a murcha de *Ceratocystis* : uma abordagem baseada em estudos fenotípicos e genômicos. Tese, UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso.
- Braga NS, Araujo ACA, Araujo LDA et al. (2018) Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de teca (*Tectona grandis* L. f.). Revista Nucleus, Ituverava, v. 15, n. 2, p. 331-339, 2018. doi:10.3738/1982;2278.2910.
- Cassaro S (2022) Ensaio para proteção de cultivares do tipo linha pura de *Capsicum baccatum* var. *Pendulum* resistentes ao *Pepper Yellow Mosaic Virus*. Tese, UENF: Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Cruz CD (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. Acta Scientiarum. 38(4): 547-552.
- Dos Anjos IV, Gilio TAS, Amorim AFS, de Jesus JG, Chimello AM, Takizawa FH, Araujo KL, Neves LG (2023) Reassessing the genetic variability of *Tectona grandis* through high-throughput genotyping: Insights into its narrow genetic base. PLoS UM18(10): e0285518. <https://doi.org/10.1371/journal>.
- Figueiredo EO, Pinho de Sá C (2015) Silvicultura e Manejo de Povoamentos de Teca (*Tectona grandis* L.f.). Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. documentos 138. 2015. 130p.
- Gower JC (1971) A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties International Biometric Society Stable. International Biometric Society, 27(4), 857–874. doi:10.1021/acsami.7b04235.
- Itto (2010) International Tropical Timber Organization. Annual review and assessment of the world timber situation. Yokohama, Japan, 186 p.
- Itto (2009) International Tropical Timber Organization. Encouraging industrial forest plantations in the tropics report of a global study. Yokohama, Japan, 143 p.
- Jesus JB (2024) Identificação de genótipos de teca resistentes ao fungo *Lasiodiplodia theobromae* Dissertação, Unemat: Universidade do Estado de Mato Grosso.
- Lyngdoh N, Gugana RP, Vaduseva R (2007). Delineamento da teca (*Tectona grandis* L. f.) através de descritores foliares. Jornal Indiano de Silvicultura. 30: Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá; 2013.
- Paiva HN, Leite HG, Oliveira Neto SN et al. (2015) Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* l.f. em sistema taungya. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.893-903, 2015. doi: 10.1590/0100- 67622015000500012.
- Miranda MC (2013) Caracterização morfológica e avaliação do desenvolvimento inicial de clones de teca (*Tectona grandis* L.f.). Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso Cuiabá – MT.
- Reategui-betancourt JL et al. (2021) Descritores morfológicos para a caracterização de mudas clonais de teca (*Tectona grandis* LF). Revista Árvore, v. 45, p. e4522, 2021. doi:10.1590/1806-908820210000022.
- Reis CAF, de Oliveira EB, Santos AM, Flôres JPC (2015) Caracterização morfológica e análise de divergência genética entre clones de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. 1 ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561p. doi:10.31413/nativa. v9i5.11542.

Ugalde arias LA (2013) Teak: new trends in silviculture, commercialization and wood utilization. Cartago, Costa Rica: International Forestry and Agroforestry, 552 p.

Vaz patto MC, Satovic Z, Pêgo et al. (2004) Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. *Euphytica*, v.137, p.63-72.

Xavier A, Wendling I, Silva LS (2009) Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa: UFV, 272 p.

Silva A, Souza filho EED, Cunha SB (2008) Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres (MT). *Revista Brasileira de Geociências*. v. 38, n. 1. p. 167-177.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC et al (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, nº6, 711–728.

Tabela suplementar 1. Descritores de teca (*Tectona grandis* L.F.) avaliados em mudas de 120 dias (1 a 7) e plantas de 2-3 anos (8 a 22).

Características	Identificação das características/Modo de avaliação(Medição 11,12 e 13/ Visual)
1- Lâmina Foliar: Venação	1- Não toca a margem; 2- Toca a margem
2- Lâmina Foliar: Brilho	1- Ausente ou muito baixo; 2-Baixo; 3- Médio; 4- Alto
3- Lâmina Foliar: Intensidade da cor ver	1- Clara; 3-Média; 5- Escura
4- Caule: Cor	1- Verde Clara; 2- Amarronzada Clara; 3- Amarronzada Escura
5- Caule: Pubescência	1-Ausente; 2-Presente
6- Caule: Cor da pubescência	1-Incolor; 2- Branca; 3- Marrom
7- Caule: Pubescência no ápice	1-Ausente; 2-Presente
8- Planta: Densidade da copa	1- Espersa; 3- Média; 5- Densa
9- Ramo: Atitude	1-Ereto, 2-Curvado,3- Pendente
10- Folha: Pecíolo	1- Ausente; 2- Presente
11- Lâmina Foliar: Comprimento	3-Curto; 5- Médio; 7-Longo
12- Lâmina Foliar: Largura	3- Estreita; 5-Média; 7- Larga
13- Lâmina Foliar: Com/Largura	3-Baixa; 5- Média; 7- Alta
14- Lâmina Foliar: Formato	1- Elíptico; 2- obovado
15- Lâmina Foliar: Extremidade ápice	1- Mucronado; 2- Acuminado Curto, 3- Acuminado longo
16-Lâmina Foliar: Margem	1- Inteira; 2- Dentada
17- Lâmina Foliar: Venação	1- Não toca a margem; 2- Toca a margem
18-Lâmina Foliar: Brilho	1- Ausente; 2- Presente
19-Lâmina Foliar: Pubescência na face inferior	1- Ausente; 2- Presente
20- Tronco: Ângulo de inserção dos ramos	1- Agudo; 2-Reto; 3- Obtuso
21- Tronco: Cor da casca inteira	1- Esbranquiçada; 2- Amarelada; 3- Esverdeada Clara; 4- Esverdeada Média; 5- Esverdeada Escura
22- Tronco: Persistência da casca	1- Baixa; 2-Média; 3-Alta

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária (MAPA).

Tabela suplementar 2. Descritores morfológicos de *Tectona grandis* avaliados em ensaios de DHE, conforme recomendações do MAPA.

Identificação dos genótipos:	Unemat1	Unemat2	Unemat3	Unemat4	Unemat5	Unemat6	Unemat7	Unemat8	Unemat9	Unemat10
Descritores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
1- Lâmina Foliar: Venação	NTM	TM	NTM	NTM	NTM	NTM	TM	NTM	NTM	NTM
2- Lâmina Foliar: Brilho	AMB	AMB	B	AMB	AMB	M	M	B	AMB	AMB
3- Lâmina Foliar: Intensidade da cor verde	M	E	E	M	E	C	M	C	M	M
4- Caule: Cor	AC	AC	AC	AC	AC	AE	AC	AC	AC	VC
5- Caule: Pubescência	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6- Caule: Cor da Pubescência	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
7- Caule: Pubescência no ápice	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A
8- Planta: Densidade da copa	ES	M	ES	ES	ES	ES	ES	ES	M	ES
9- Ramo: Atitude	CUR	ER	CUR	CUR	ER	ER	ER	ER	CUR	ER
10- Folha: Pecíolo	P	A	P	P	P	P	A	A	P	P
11- Lâmina Foliar: Comprimento	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
12- Lâmina Foliar: Largura	LA	M	M	M	M	M	M	M	M	M
13- Lâmina Foliar: Com/Largura	B	B	M	B	M	M	B	B	M	B
14- Lâmina Foliar: Formato	O	O	EL	O	EL	O	O	EL	O	EL
15- Lâmina Foliar: Extremidade ápice	ACC	ACC	MU	ACC	ACL	ACL	ACC	ACL	ACC	ACC
16-Lâmina Foliar: Margem	IN	IN	IN	IN	D	IN	IN	IN	D	IN
17- Lâmina Foliar: Venação	NTM	NTM	NTM	NTM	TM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM
18-Lâmina Foliar: Brilho	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A
19- Lâmina Foliar: Pubescência na face inferior	A	A	A	P	A	A	A	A	P	P
20 - Tronco: Ângulo de inserção dos ramos	R	AG	R	R	R	R	AG	R	AG	R
21 - Tronco: Cor da casca inteira	ESM	ESB	ESB	ESC	ESB	AM	ESM	ESC	ESC	ESB
22 - Tronco: Persistência da casca	M	B	B	M	B	B	AL	M	AL	AL
23- Produtividade VOL (m³. ha⁻)	46,79	81,13	60,99	60,67	53,58	48,52	61,24	46,96	79,81	46,62

Legenda: NTM: Não toca a margem; TM: Toca a margem; AMB: Ausente ou muito baixo; B: Baixo; M: Médio; E: Escura; C: Clara; AC: Amarronzada clara; AE: Amarronzada escura; VC: Verde clara; A: Ausente; I: Incolor; P: Presente; ES: Espessa; CUR: Curvado; ER: Ereto; L: Longo; CU: Curto; LA: Larga; EST: Estreita; AL: Alta; O: Obovado; EL: Elíptico; ACC: Acuminado curto; MU: Mucronado; ACL: Acuminado longo; IN: Inteira; D: Dentada; R: Reto; AG: Agudo; ESM: Esverdeada média; ESB: Esbranquiçada; ESC: Esverdeada clara; AM: Amarelada.

Tabela suplementar 2. Cont.

Identificação dos genótipos:	Unemat11	Unemat12	Unemat13	Unemat14	Unemat15	Unemat16	Unemat17	Unemat18	Unemat19	Unemat20
Descritores:	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
1- Lâmina Foliar: Venação	NTM	NTM	TM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	TM	TM
2- Lâmina Foliar: Brilho	AMB	AMB	AMB	B	AMB	AMB	AMB	AMB	AMB	B
3- Lâmina Foliar: Intensidade da cor verde	M	M	E	M	M	M	C	E	M	M
4- Caule: Cor	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
5- Caule: Pubescência	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A
6- Caule: Cor da Pubescência	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
7- Caule: Pubescência no ápice	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
8- Planta: Densidade da copa	M	M	ES	ES	ES	ES	M	ES	ES	ES
9- Ramo: Atitude	ER	CUR	CUR	ER	CUR	CUR	ER	CUR	CUR	ER
10- Folha: Pecíolo	P	P	A	P	P	A	A	A	A	A
11- Lâmina Foliar: Comprimento	M	CU	M	M	CU	M	M	M	M	L
12- Lâmina Foliar: Largura	M	M	M	LA	M	M	M	EST	M	M
13- Lâmina Foliar: Com/Largura	B	B	B	M	B	B	M	M	B	M
14- Lâmina Foliar: Formato	EL	EL	EL	O	EL	O	O	O	O	EL
15- Lâmina Foliar: Extremidade ápice	ACC	ACC	ACC	MU	ACC	ACL	ACC	ACL	ACC	ACC
16-Lâmina Foliar: Margem	IN	IN	IN	IN	D	IN	IN	IN	IN	IN
17- Lâmina Foliar: Venação	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM	NTM
18-Lâmina Foliar: Brilho	A	P	A	A	A	A	A	A	P	A
19-Lâmina Foliar: Pubescência na face inferior	P	A	A	A	P	A	A	A	A	P
20- Tronco: Ângulo de inserção dos ramos	AG	R	R	AG	R	AG	AG	AG	AG	AG
21- Tronco: Cor da casca inteira	ESC	ESM	ESC	ESM	AM	ESB	AM	ESC	ESB	ESE
22- Tronco: Persistência da casca	AL	AL	B	AL	B	M	AL	AL	M	AL
23- Produtividade VOL (m³. ha ⁻¹)	87,52	70,94	89,73	39,6	61.00	63,28	100,31	117,8	60,72	38,4

Legenda: NTM: Não toca a margem; TM: Toca a margem; AMB: Ausente ou muito baixo; B: Baixo; M: Médio; E: Escura; C: Clara; AC: Amarronzada clara; VC: Verde clara; A: Ausente; I: Incolor; P: Presente; ES: Espessa; CUR: Curvado; ER: Ereto; L: Longo; CU: Curto; LA: Larga; EST: Estreita; AL: Alta; O: Obovado; EL: Elíptico; ACC: Acuminado curto; MU: Mucronado; ACL: Acuminado longo; IN: Inteira; D: Dentada; R: Reto; AG: Agudo; ESM: Esverdeada média; ESB: Esbranquiçada; ESC: Esverdeada clara; AM: Amarelada.