



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LARISSA SOUZA DE OLIVEIRA

**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NA MODELAGEM DA
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ENDÊMICAS DA FLORESTA
ATLÂNTICA**

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MONTE
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LARISSA SOUZA DE OLIVEIRA

**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NA MODELAGEM DA
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ENDÊMICAS DA FLORESTA
ATLÂNTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MONTE
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2024



HOMOLOGAÇÃO Nº 37 / 2024 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.070756/2024-24

Seropédica-RJ, 17 de dezembro de 2024.

**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NA MODELAGEM DA
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ENDÊMICAS DA FLORESTA
ATLÂNTICA**

LARISSA SOUZA DE OLIVEIRA

APROVADA EM: 13/12/2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MONTE – UFRRJ (Orientador)

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO – UFRRJ (Membro)

Me. MATEUS DOS REIS – UFRRJ (Membro)

(Assinado digitalmente em 18/12/2024 15:39)
EMANUEL JOSE GOMES DE ARAUJO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)
Matrícula: 19728275

(Assinado digitalmente em 17/12/2024 15:25)
MARCO ANTONIO MONTE
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)
Matrícula: 1972555

(Assinado digitalmente em 17/12/2024 18:26)
MATEUS DOS REIS
DISCENTE
Matrícula: 20241003985

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 37, ano: 2024, tipo: HOMOLOGAÇÃO, data de emissão: 17/12/2024 e o código de verificação: **c702bca964**

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e trajetória.

À minha mãe, Deise de Souza, e meu parceiro, Felipe Yamasaki Hirota, que me ajudaram e tornaram possível a conclusão do curso neste semestre.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e ao Instituto de Florestas (IF) pela oportunidade e ensino.

A todos os envolvidos na realização do Inventário Florestal de Minas Gerais, em especial, ao prof. José Roberto Scolforo, que foi o Coordenador do projeto e ao prof. Emanuel José Gomes de Araújo por disponibilizar os dados.

À Suzano S\A por ter viabilizado a conciliar das atividades do estágio com minha formação neste semestre.

Ao prof. Marco Antonio Monte, meu orientador neste trabalho, por ter me recebido em seu laboratório, e por toda confiança que depositou em meu trabalho desde então. Bem como por toda orientação e aprendizado que me propiciou até aqui, e por ter acreditado e me ajudado na conclusão do curso neste semestre, e por todo tempo e dedicação depositado na orientação deste trabalho.

Ao prof. Emanuel José Gomes de Araújo, por ter sempre acreditado em meu potencial, me incentivado e me orientado não somente durante meu tempo no LAMFLOR, mas por toda minha trajetória na graduação.

Ao Mateus dos Reis pela disponibilidade e contribuição enquanto banca.

Aos professores que me lecionaram esse período e que, em algum grau, me ajudaram durante o processo de finalização do curso e conciliação com meu estágio, esses: Bruno Araújo Furtado de Mendonça, Fernando José Borges Gomes, Henrique Trevisan, Natane Amaral Miranda e Rafaella de Angeli Curto.

A todos os demais professores que me lecionaram ao longo da graduação e contribuíram com minha formação; e em especial para o professor José Carlos Arthur com quem tenho contato desde o meu primeiro período, pela vivência no Viveiro Florestal da UFRRJ, e vêm me ajudando sempre que pôde desde então.

Por fim, aos meus demais amigos e colegas de graduação, e todos aqueles que me apoiaram e ajudaram até aqui.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e modelar a distribuição diamétrica, em nível de espécie endêmica, em diferentes fitofisionomias florestais de Floresta Atlântica, em Minas Gerais. Foram utilizados dados coletados no Inventário Florestal de Minas Gerais, pertencentes à Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila. Em cada fitofisionomia foram selecionados dois fragmentos que apresentavam número total de indivíduos superior à 2.500, estimando o índice de valor de importância (IVI%) em cada fragmento. Nos fragmentos selecionaram-se até 3 espécies endêmicas, sendo estas as com maior IVI%, e obteve-se a distribuição diamétrica (amplitude de classe de 1,0 cm) de cada espécie. A modelagem da distribuição foi realizada por meio das funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal. Foram utilizados os testes de Kolmogorov-Sminorv (KS) e de Anderson-Darling (AD), ao nível de 5,0% de significância, para comparar as distribuições observadas e teóricas. A espécie com maior número de indivíduos foi *Tabebuia reticulata* A. H. Gentry (726 indivíduos), enquanto *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns apresentou somente 24. *T. reticulata* foi a única espécie endêmica com ocorrência em dois fragmentos, porém, na mesma fitofisionomia. Das 15 espécies endêmicas, 3 apresentaram distribuição diamétrica em exponencial negativa, e 5 com tendência à exponencial negativa. As demais apresentaram outros padrões de distribuição. As funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal conseguiram modelar adequadamente as distribuições na maioria dos casos, quando se considera o teste de KS. Ao utilizar o teste AD praticamente não houve aderência. Conclui-se que: a distribuição diamétrica varia de acordo com a espécie; as FDP's mais indicadas para representar a distribuição diamétrica de espécies florestais são a Weibull-3P e Gamma-3P; o teste KS apresenta um rigor menor ao avaliar a aderência de FDP's que o AD, e por isso os testes de aderência influenciam diretamente nas escolhas das melhores funções.

Palavras-chave: Distribuições probabilísticas; Testes de aderência; Floresta inequívoca

ABSTRACT

The aim of the research was to characterize and model the diametric distribution of endemic species in different forest vegetation physiognomies of the Atlantic Forest in Minas Gerais, Brazil. Data came from the Forest Inventory of Minas Gerais, which includes Semideciduous Seasonal Forest, Deciduous Seasonal Forest, and Ombrophilous Forest from Atlantic Forest. 2 forest fragments, containing more than 2,500 individuals, were selected from each vegetation physiognomy. The importance value index (IVI%) was estimated for each fragment, and, in each fragment, at least three endemic species with the highest importance value index (IVI) were chosen and the diameter distribution (class width of 1.0 cm) of each species was determined. The distribution modeling was conducted using the Weibull-3P, Gamma-3P, and Normal functions. The Kolmogorov-Smirnov (KS) and Anderson-Darling (AD) tests were applied at a 5.0% significance level to compare observed and theoretical distributions. *Tabebuia reticulata* A. H. Gentry was the species with the highest number of individuals (726), whereas *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns had only 24. *T. reticulata* was the only endemic species present in two fragments, although within the same vegetation physiognomy. Among the 15 endemic species studied, three exhibited a negative exponential diameter distribution, while five showed a tendency toward this pattern. The remaining species followed other distribution patterns. The Weibull-3P, Gamma-3P, and Normal functions adequately modeled the distributions in most cases based on the KS test. However, when using the AD test, there was virtually no fit. In conclusion, the diameter distribution varies according to the species. The Weibull-3P and Gamma-3P functions are the most suitable for representing the diameter distribution of forest species. The KS test is less stringent in evaluating the fit of PDFs compared to the AD test, and the choice of adherence tests directly influences the selection of the best functions.

Keywords: Probability distributions; Adherence tests; Uneven-aged Forest

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Floresta Atlântica	2
2.2. Espécies Endêmicas	4
2.3. Distribuição Diamétrica	4
2.4. Modelagem Matemática.....	6
2.5. Teste de Aderência	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5. CONCLUSÃO	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é composta por um diverso conjunto de formações florestais, que lhe confere alta diversidade e riqueza florística. Porém, seu histórico de degradação e a grande pressão por recursos, que persistem até os dias atuais devido à alta densidade demográfica em sua extensão territorial, contribuem para o processo de fragmentação que tem ocorrido nas últimas décadas (Foley *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2009). Esta que originalmente contemplava 15% do território brasileiro (Campanili; Schäffer, 2010), hoje representa em torno de 3,7%. Mesmo com forte degradação, esse bioma apresenta também um número elevado de espécies endêmicas, que compõem em torno de 50% de sua flora (Schäffer *et al.*, 2002) e representa em torno de 8.000 espécies vegetais (Mittermeier *et al.*, 2005). Ao avaliar espécies arbóreas, existem cerca de 1.547 árvores endêmicas na Floresta Atlântica, que representam 31% de todas as árvores nativas do bioma (Lima *et al.*, 2020).

Devido aos seus altos níveis de endemismo e de perdas de habitats, a Floresta Atlântica é considerada um *hotspot* mundial, por isso a conservação da biodiversidade é uma prioridade (Laurence, 2009; Mittermeier *et al.*, 2005; Myers, 1988). Mesmo consagrada com esse título há décadas, ainda há muito a ser feito em prol de sua conservação e recuperação; visto que, ao considerar fragmentos maduros acima de 3,0 ha, há apenas 12,4% de sua cobertura original e metade deles é inferior à 100 ha e há baixa conectividade entre eles (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2024). A grande redução de habitats da Floresta Atlântica impõe desafios para a biologia da conservação, mas se constitui num grande laboratório científico (Laurence, 2009), no qual se é possível realizar inúmeras pesquisas que possibilitam o conhecimento das características intrínsecas das espécies florestais.

Nesse contexto, a distribuição diamétrica pode fornecer informações relevantes para a conservação dessas espécies, pois constitui uma ferramenta prática e eficiente para a determinação da estrutura florestal (Arce, 2004), permite identificar a intensidade de regeneração natural da floresta e na distinção de diferentes tipologias florestais (Scolforo, 2006), obter informações a respeito de ingresso e mortalidade e até intensidade perturbação sofrida (Reis *et al.*, 2014) e fornece informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal, o que possibilita um manejo florestal adequado (Pulz *et al.*, 1999; Santos *et al.*, 2017).

A distribuição diamétrica representa a frequência de árvores nas sucessivas classes de diâmetro (DAP) e, em florestas inequianas (florestas cujas árvores têm diferentes idades), é representada por uma exponencial negativa (padrão de J-invertido), caracterizada pela redução do número de indivíduos nas sucessivas classes de DAP, quando se considera todos os indivíduos arbóreos. Contudo, ao analisar em nível de espécie, a distribuição diamétrica pode apresentar distribuições distintas (Cruz *et al.*, 2021; Ciarnoschi *et al.*, 2019; Trautenmüller *et al.*, 2019; Cysneiros *et al.*, 2017; Téo *et al.*, 2015). Alguns estudos recentes têm analisado a distribuição diamétrica à nível de espécie, para as seguintes fitofisionomias florestais de Floresta Atlântica: Floresta Ombrófila Mista (Téo *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2010), Floresta Ombrófila Densa (Cysneiros *et al.*, 2017), Floresta Atlântica Submontana (Carvalho; Nascimento, 2009).

Nesses estudos são analisadas espécies em um único fragmento (única fitofisionomia); porém, uma espécie em diferentes condições (de local e de fitofisionomia) pode ter o seu padrão da estrutura diamétrica alterado. Por isso, conhecer, compreender e avaliar a distribuição do diâmetro das espécies florestais em diferentes locais e, também, realizar sua modelagem

matemática, pode subsidiar importantes decisões sobre a conservação da espécie e contribuir para o melhor entendimento da dinâmica da regeneração natural.

A modelagem da distribuição diamétrica pode ser realizada utilizando funções probabilísticas, que permitem estimar a probabilidade de ocorrência de indivíduos em cada classe dimétrica. As principais FDPs utilizadas são: Weibull-2P (P=parâmetro), Weibull-3P, Gamma-2P, Gamma-3P, Beta, Sb de Johnson e Normal. Como a distribuição diamétrica, em nível de espécie, pode assumir diferentes padrões, por isso torna-se necessário avaliar mais de uma delas com o objetivo de encontrar aquela que será mais indicada para descrever a distribuição de diâmetro de uma espécie de interesse.

Em Minas Gerais, quarto maior Estado do Brasil (área territorial, com 586.514 km², segundo o (IBGE, 2024)), a Floresta Atlântica ocupa quase metade do território (cerca de 41%), perdendo somente para o bioma Cerrado que ocupa em torno de 57% (IBGE, 2004). Desta forma, estudos sobre as espécies endêmicas da Floresta Atlântica nesse Estado, podem gerar conhecimentos para auxiliar na conservação delas.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e modelar a distribuição diamétrica, em nível de espécie endêmica, em diferentes fitofisionomias florestais de Floresta Atlântica, em Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Floresta Atlântica

O aumento progressivo das atividades humanas, decorrente do crescimento populacional, e sua dispersão espacial no território, cada vez mais tem contribuído para a redução e fragmentação dos habitats naturais (Foley *et al.*, 2005). Como resultado disso, há ocorrência de remanescentes florestais cada vez mais fragmentados, muitas vezes isolados e, frequentemente, com algum nível de perturbação humana. Além disso, a maioria dos remanescentes florestais existentes no mundo são menores do que 10 ha e cerca de metade das florestas estão a 500 m de sua borda (Haddad *et al.*, 2015).

Grande exemplo disso é a Floresta Atlântica, que vem sofrendo expressivas perdas em seus habitats desde o século 16 com a ocupação europeia (Ribeiro *et al.*, 2009). Esta foi especialmente atingida pois se estende, principalmente, pela região litorânea (Resolução CONAMA nº 249 de 1999), e durante o período de colonização esta região foi alvo mais expressivo de ocupação. E uma vez que a densidade demográfica é alta, a pressão sobre os recursos naturais da região será igualmente elevada. Este cenário não sofreu grandes mudanças com o passar dos anos, ainda hoje a pressão demográfica sobre esse território é elevada quando comparado à outras regiões. Segundo dados do Censo demográfico divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2024 o percentual da população brasileira que ocupa a região litorânea atualmente representa cerca de 54,8%; ou seja, mais da metade dos brasileiros estão concentrados em uma região já com capacidade limitada de oferecer recursos devido ao seu histórico de degradação;

Estudos indicam que área original da Floresta Atlântica contemplava em torno de 15% do território brasileiro, aproximadamente 1.296.446 km², e se estendia, integral ou parcialmente, por 17 estados brasileiros (Campanili; Schäffer, 2010). De acordo com relatório da Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE) divulgado em 2024, para fragmentos acima de meio hectare, desconsiderando sua maturidade e estado de conservação, há 24% de vegetação remanescente da cobertura original do bioma, que representa cerca de 311.147 km² da cobertura original; considerando a extensão territorial do Brasil de 8.510.417,771 km² (IBGE, 2024), atualmente a Floresta Atlântica representa aproximadamente 3,7% do território nacional. No entanto, ainda conforme o relatório anteriormente mencionado, ao avaliar apenas fragmentos maduros e acima de 3,0 hectares, onde o dossel é fechado ou não há degradação perceptível em imagens de satélite, concluíram que há somente 12,4% de sua cobertura original. Esse percentual reduz ainda mais ao avaliar apenas fragmentos maiores do que 100ha, considerados pela fundação como “maciços florestais que fornecem abrigo a espécies raras e representam os maiores estoques de carbono”, estes compõem apenas 8,5% da cobertura original da Floresta Atlântica. Uma vez que o efeito de borda será maior quanto menor for o fragmento, este resultado indica grande influência dele sobre as populações do ecossistema.

Diante do exposto, pode-se concluir que, além do remanescente atual da Floresta Atlântica indicar redução de cerca de 70% de sua cobertura original, mais da metade dos fragmentos existentes são inferiores a 100 ha. Isso se torna mais agravante ao passo que o relatório indica que cerca de metade da totalidade dos fragmentos sofrem algum tipo de perturbação humana, uma vez que há degradação perceptível em imagens de satélite. Este ainda concluiu que, além da alta intensidade de fragmentação, há baixa conectividade entre os fragmentos; e, ainda, que os fragmentos mais importantes do ponto de vista ecológico estão distribuídos de forma desigual ao longo do bioma. A junção de todas as informações indica a necessidade de atenção para o bioma, porque fragmentos pequenos e bordas florestais possuem capacidade inferior e limitada de abrigar e manter espécies, impactando nas chances de subsistência delas, e de fornecer os serviços ambientais que são cruciais às populações humanas (Tabarelli *et al.*, 2012).

A Floresta Atlântica é um conjunto de formações florestais nativas e ecossistemas associados, caracterizado pela presença das seguintes fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista (também denominada de Mata de Araucárias), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (Lei nº 11.428 de 2006). No presente trabalho serão contemplados dados das três formações florestais da Floresta Atlântica que ocorrem no estado de Minas Gerais: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, que segundo Campanili e Schäffer (2010), podem ser caracterizadas da seguinte forma:

“Floresta Ombrófila Densa: Caracterizada pela presença de árvores de grande e médio portes, além de lianas (cipós) e epífitas em abundância. Estende-se pela costa litorânea desde o Nordeste até o extremo Sul. Sua ocorrência está ligada ao clima tropical quente e úmido, sem período seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano (excepcionalmente com até 60 dias de umidade escassa) e temperaturas médias variando entre 22º C e 25º C.

Floresta Estacional Semidecidual: É conhecida como Mata de Interior e condicionada por dupla estacionalidade climática. Na região tropical, é definida por dois períodos pluviométricos bem marcados, um chuvoso e outro seco, com temperaturas médias anuais em torno de 21º C; e na região subtropical, por um curto período de seca acompanhado de acentuada queda da temperatura, com as médias mensais abaixo de 15 º C. Essa estacionalidade atinge os elementos arbóreos dominantes, induzindo-os ao repouso fisiológico, determinando uma porcentagem de árvores caducifólias entre 20% e 50% do conjunto florestal.

Floresta Estacional Decidual: É também condicionada por dupla estacionalidade climática, porém mais rigorosa, determinada por um período chuvoso

seguido de um longo período seco, condicionado na região tropical por mais de sete meses de estiagem e na região subtropical por frio prolongado por mais de cinco meses com temperaturas médias inferiores a 15° C. Ocorre também como disjunções em climas variados sobre litologia calcária ou solos pedregosos. Tais condições determinam um estrato predominantemente caducifólio, com mais de 50% das árvores do conjunto florestal perdendo as folhas na estação desfavorável.” (p. 7-9).

2.2. Espécies Endêmicas

De acordo com a Resolução CONAMA nº 012, de 04 de maio de 1994, o endemismo ocorre quando certa espécie nativa é restrita a uma determinada área geográfica. Logo, espécies endêmicas são aquelas que ocorrem exclusivamente em uma determinada região geográfica e, portanto, não serão encontradas naturalmente em outros locais (Thomas *et al.*, 2008). O endemismo em uma espécie surge a partir de fatores que limitem sua distribuição ou causem a separação de seu grupo original, esses podem ser barreiras físicas, climáticas, biológicas etc.; e pode ocorrer em diferentes níveis geográficos, restringindo-se a pequenas áreas, como ilhas, ou até mesmo um bioma como um todo (Myers; De Grave, 2000). As espécies florestais utilizadas no presente estudo, não somente tem seu domínio fitogeográfico restrito ao bioma Mata Atlântica, são endêmicas do Brasil. Logo, naturalmente ocorrem somente em porções da Mata Atlântica do território brasileiro.

Conhecer a respeito do endemismo é muito importante para conservação da biodiversidade, visto que a distribuição restrita dessas espécies às torna mais vulneráveis que as outras do ponto de vista de mudanças climáticas e ambientais, fatores antropogênicos e, especialmente, perda de habitat, logo são prioridade no que tange à conservação (Sankaran *et al.*, 2024). Quando se trata de espécies endêmicas arbóreas, isso é ainda mais significativo pois, além de sua distribuição restrita às tornarem mais vulneráveis e suscetíveis ao processo de extinção, as árvores muitas vezes desempenham funções essenciais na manutenção dos ecossistemas florestais em que ocorrem, uma vez que fornecem habitat e alimento para diversas outras espécies (Thomas *et al.*, 2008).

A Floresta Atlântica, além de apresentar uma rica biodiversidade, tem um alto nível de endemismo (Campanili; Schäffer, 2010). Ela é considerada a segunda maior Floresta Tropical da América do Sul e possui aproximadamente 20.000 espécies vegetais (Oliveira-Filho; Fontes, 2000), onde mais de 8.000 espécies são endêmicas (Mittermeier *et al.*, 2005). Proporcionalmente ao seu tamanho, a Floresta Atlântica apresenta maior diversidade biológica que a própria Floresta Amazônica (Campanili; Schäffer, 2010). Ao avaliar espécies arbóreas somente, a Floresta Atlântica tem cerca de 42 espécies a cada 100 km², enquanto a Floresta Amazônica está abaixo de 10 espécies a cada 100 km² (Steege *et al.*, 2016); o que demonstra que, em termos de ocorrência de espécies por unidade de área, a Floresta Atlântica é 420% mais biodiversa em espécies arbóreas que a Floresta Amazônica. De acordo com Lima *et al.* (2020), há 1.547 árvores endêmicas da Floresta Atlântica, o que representa 31% de todas as espécies de árvores do bioma; ainda, ao considerar espécies consideradas “quase endêmicas”, esse percentual aumenta para 45%. Em vista de sua riqueza inquestionável, alto nível de endemismo e ameaça de destruição, esta foi reconhecida um dos mais importantes *Hotspots* Mundiais e, por isso, deve haver prioridade em sua conservação, bem como de suas espécies (Mittermeier *et al.*, 2005; Laurence, 2009).

2.3. Distribuição Diamétrica

A distribuição diamétrica consiste na distribuição dos diâmetros do tronco (ou fuste) das árvores em função das classes diamétricas, que são definidas de acordo com a amplitude de classe. A amplitude de classe pode ser definida por diversos procedimentos, dentre eles, o mais utilizado é o método de Sturges, como pode-se observar nos trabalhos de Costa *et al.* (2019), Freitas, J. *et al.* (2019), Pertille *et al.* (2018) e Santos *et al.* (2016). Ao utilizar esses procedimentos, a amplitude de classe apresentará variações em função dos valores mínimos e máximos do diâmetro. Por isso, na literatura, observa-se a utilização de amplitudes de classe fixas, principalmente em florestas naturais, em estudos que visam o levantamento florístico. Em Floresta Atlântica é comum utilizar 5,0 cm (Cysneiros *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2010; Orellana *et al.*, 2014), enquanto na Floresta Amazônica, geralmente utilizam-se 10,0 cm (Ribeiro *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2014). A utilização de amplitudes de classes fixas possibilita comparar distribuições diamétricas obtidas em diferentes condições, como fitofisionomias, fragmentos florestais etc.

Em florestas naturais, onde não se há idade definida, o comportamento mais observado é o padrão de exponencial negativa, popularmente conhecido como “J-invertido” (Assmann, 1970). A distribuição exponencial negativa é caracterizada por um número elevado de indivíduos nas primeiras classes diamétricas e, conforme avança para classes maiores, esse número reduz exponencialmente. Esse comportamento pode ser explicado uma vez que é esperado que em uma floresta a competição entre indivíduos por recursos (luz, água, nutrientes) esteja sempre latente. A partir do momento que não há recursos suficientes para que todos se desenvolvam, as árvores que conseguem crescer e enquadrar em classes de diâmetros maiores são a minoria (Lamprecht, 1990, apud Freitas, W. *et al.*, 2019; Orellana *et al.*, 2014).

De modo geral, em florestas naturais, quando a distribuição diamétrica não seguir a exponencial negativa pode ser um indicativo de que a regeneração natural da floresta ou da espécie esteja comprometida (Scolforo, 2006). Pois quando a floresta é representada por essa distribuição há garantia de que haverá árvores o suficiente para compensar a mortalidade natural dos indivíduos em todas as classes de diâmetro, evidenciando o processo de regeneração contínua (Billa *et al.*, 2018). A partir disso, percebe-se que conhecer a distribuição diamétrica é um passo importante para entender o estado de conservação da floresta e de suas espécies, uma vez que: a) é capaz de caracterizar eficientemente e de forma simples a estrutura da floresta (Arce, 2004); b) auxilia na distinção das diferentes tipologias florestais e, quando associada de mais informações, propicia o entendimento da dinâmica da floresta (Scolforo, 2006); c) corrobora na tomada de decisões a respeito do manejo florestal (Santos *et al.*, 2017), uma vez que fornece informações a respeito da necessidade de reposição florestal (Pulz *et al.*, 1999); d) e permite conhecer a respeito de ingresso, mortalidade e histórico de desenvolvimento das espécies arbóreas na floresta, além de indicar a intensidade de perturbação sofrida por ela (Reis *et al.*, 2014).

À nível de espécie a distribuição diamétrica pode apresentar comportamentos distintos, como observado nos trabalhos de Ciarnoschi *et al.* (2019), Cruz *et al.* (2021), Cysneiros *et al.* (2017), Orellana *et al.*, 2014, Téo *et al.* (2015), Trautenmüller *et al.* (2019) e Vargas *et al.* (2010). Essa distinção no padrão da distribuição diamétrica, além de poder indicar problemas na regeneração natural da população do indivíduo no local, também pode variar entre diferentes tipologias florestais, estágios sucessionais e, também, ser uma singularidade da espécie analisada (Cysneiros *et al.*, 2017). Quando se trata de estudos que visem entender o comportamento da distribuição diamétrica de espécies florestais endêmicas, especificamente, pouco se encontra na literatura. O baixo número de estudos nesse âmbito indica que há necessidade de que se desenvolva mais trabalhos para esse nicho. Uma vez que o conhecimento da distribuição diamétrica promoverá conhecimentos relevantes para o manejo e, consequentemente, conservação delas (Orellana *et al.*, 2014).

2.4. Modelagem Matemática

A distribuição diamétrica além de ser representada comumente em histograma, também pode ser modelada matematicamente. A modelagem matemática consiste no processo de representar matematicamente um sistema, fenômeno ou processo; com o objetivo não somente de compreendê-lo, mas também de gerar previsões a respeito dele e, desse modo, gerar informações para otimizar seu comportamento (Campos; Leite, 2017). A modelagem pode ser realizada por meio de equações, funções densidade de probabilidade e variáveis que se relacionam matematicamente entre si. Nesse sentido, o uso da modelagem matemática no estudo da distribuição diamétrica de florestas naturais tem grande potencial de gerar informações a respeito da estrutura e dinâmica dessas florestas e prever as variações no seu comportamento ao longo do tempo ou em condições distintas.

No caso das distribuições sob a forma de exponencial negativa, um modelo de regressão bastante utilizado é o modelo de Meyer, como observado nos trabalhos de Barros (1980), Machado *et al.* (2010), Marangon *et al.* (2016) e Meira *et al.* (2016), ele permite estimar a frequência de indivíduos em função das classes diamétricas. Este modelo se baseia no conceito de floresta balanceada, que se refere ao decréscimo dos diâmetros conforme se avança nas classes diamétricas, e, por isso, se adere bem ao padrão de exponencial negativa (fonte).

Outros procedimentos de modelagem matemática referem-se ao uso das funções densidade de probabilidade (FDPs), que possibilitam obter a probabilidade de ocorrência de indivíduos em cada classe de diâmetro. Esta modelagem, conforme Machado *et al.* (2010) consiste numa forma eficiente de descrever a distribuição diamétrica de uma floresta ou espécie. O emprego de FDPs na modelagem matemática da distribuição diamétrica está difundido na literatura científica, como se pode observar nos trabalhos de Billa *et al.* (2018), Cysneiros *et al.* (2017), Hentz *et al.* (2017), Limeira *et al.* (2020), Medeiros *et al.* (2018), Ribeiro *et al.* (2022), Santos *et al.* (2019) e Vieira *et al.* (2021). Contudo, devido as singularidades de cada espécie, é necessário o desenvolvimento de estudos que visem identificar os melhores modelos para descrever o comportamento da distribuição diamétrica de cada uma dessas espécies (Machado *et al.*, 2010).

As FDPs mais utilizadas na modelagem da distribuição diamétrica em florestas naturais são: Weibull 2P (P=parâmetro) e 3P, Gamma 2P e 3P, Beta, Sb de Johnson e Normal (Scolforo, 2006). Dentre elas, destaca-se no uso para modelagem da distribuição diamétrica a função Weibull, em especial a Weibull 3P, principalmente em florestas inequianas; devido sua grande flexibilidade, que a permite representar bem diferentes formas de distribuição, e facilidade de ajustamento (Campos; Leite, 2017; Orellana *et al.*, 2014). Além dela, as funções Gama e Beta também são consideradas flexíveis e são passíveis de assumir diversas formas de distribuição (Scolforo, 2006).

Existem diversos métodos para estimar os parâmetros das FDPs, os mais utilizados são: a máxima verossimilhança (Binoti *et al.*, 2014; Guilherme *et al.*, 2020; Orellana *et al.*, 2014; Orellana *et al.*, 2017), os momentos (Guera *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2009; Silva, 2012) e os percentis (Cavalheiro *et al.*, 2023; Wendling; Emerenciano; Hosokawa, 2011).

2.5. Teste de Aderência

Testes de aderência são ferramentas estatísticas que auxiliam na determinação de adequação ou inadequação de um determinado modelo matemático para um conjunto de dados; ou seja, indicará se um modelo é adequado ou não para descrever o padrão estudado. Os testes

de aderência são testes não-paramétricos, o que significa que não assumem uma distribuição específica para o conjunto de dados, e são utilizados para verificar se uma variável aleatória apresenta determinada distribuição ou não (Francisco; Simões, 2021)

Na modelagem da distribuição diamétrica esses testes são comumente usados para verificar se houve aderência da função densidade de probabilidade à distribuição diamétrica observada (Fonte). Isto é, eles permitirão determinar se há uma boa correlação entre o conjunto de dados e a distribuição em questão. Os principais testes utilizados na literatura para modelagem da distribuição diamétrica são: a) Qui-quadrado; b) Teste G; c) Kolmogorov-Smirnov; e d) Anderson Darling. Dentre eles, de acordo com Scolforo (2006), o teste Kolmogorov-Smirnov é mais recomendável do que o teste G e Qui-quadrado, pois esses testes podem gerar resultados tendenciosos quando o número de indivíduos por classe de diâmetro for inferior a 5.

O teste Kolmogorov-Smirnov compara a distribuição acumulada observada com a distribuição acumulada estimada pela função e considera a maior diferença entre as duas distribuições; ou seja, avaliará a maior diferença entre os valores projetados e observados, para, por fim, concluir se são iguais ou diferentes.

Já o teste de Anderson-Darling é um método estatístico que avalia se um determinado conjunto de dados segue o padrão de distribuição em específico. Para tal, ele mede a diferença da distribuição empírica e teórica que é esperada. E atribui um peso maior nas diferenças das caudas da distribuição, o que o torna muito especialmente eficaz para encontrar desvios nelas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se dados coletados no Inventário Florestal de Minas Gerais (IFMG), realizado no período de 2005 a 2007, porém considerando apenas fragmentos florestais pertencentes ao Bioma da Floresta Atlântica, distribuídos nas seguintes fitofisionomias: Floresta Ombrófila, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. A composição do número de fragmentos e de parcelas em cada fitofisionomia podem ser observadas na Tabela 1. A descrição detalhada do procedimento de amostragem do IFMG pode ser consultada em Scolforo *et al.* (2008).

Tabela 1. Número de parcelas e de fragmentos florestais amostrado no Inventário Florestal de Minas Gerais, segundo cada fitofisionomia

Fitofisionomia	Número de fragmentos	Número de parcelas
Floresta Ombrófila	8	170
Floresta Estacional Semidecidual	79	1.952
Floresta Estacional Decidual	15	571

O levantamento florístico para o IFMG foi realizado considerando todos os indivíduos arbóreos com circunferência a 1,3 m do solo (CAP) maior ou igual a 15,7 cm (DAP maior ou igual a 5,0 cm). Foram selecionados dois fragmentos florestais em cada fitofisionomia, que apresentavam número total de indivíduos acima de 2.500, visando garantir que houvesse número suficiente de indivíduos por espécie endêmica para realizar a distribuição diamétrica. Os indivíduos que não foram identificados em nível de espécie foram não excluídos no presente estudo.

Em cada fragmento florestal foi calculado o índice de valor de importância (IVI), que consiste na soma aritmética dos valores relativos de densidade, de dominância e de frequência, cujo estimadores foram obtidos de acordo com Souza e Soares (2013) (Tabela 2). Em seguida, foi realizada a ordenação das espécies florestais segundo o valor de IVI, do maior para o menor valor.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal necessários para as estimativas do índice de valor de importância (IVI)

Parâmetros	Absoluta	Relativa
Densidade	$DA_i = \frac{n_i}{A}$	$DR_i = \frac{n_i}{N} 100$ ou $DR_i = \left(DA_i / \sum_{i=1}^S DA_i \right) 100$
Dominância	$DoA_i = \frac{G_i}{A}$	$DoR_i = \left(DoA_i / \sum_{i=1}^S DoA_i \right) 100$
Frequência	$FA_i = \frac{u_i}{u_t} 100$	$FR_i = \left(FA_i / \sum_{i=1}^S FA_i \right) 100$
Índice de valor de importância	-	$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i$

n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie na amostragem; A = área total amostrada, em hectare; G_i = área basal da i -ésima espécie, em m^2 , na área amostrada; N = número total de indivíduos na área a ser estudada; S = número total de espécies; u_i = número de unidades de amostras em que i -ésima espécie foi amostrada; u_t = número de total de unidades de amostras.

A partir de consultas ao acervo virtual da Flora e Funga do Brasil (Flora e Funga do Brasil, 2023), foram obtidas as espécies endêmicas do Brasil restritas à Floresta Atlântica e, selecionaram-se, para cada fragmento as três espécies endêmicas de maior IVI.

Para essas espécies foram obtidas suas distribuições diamétricas, utilizando a amplitude de classe de 1,0 cm, pois essa se adequou melhor aos dados. A modelagem matemática dessa distribuição foi realizada por meio de ajustes das seguintes FDPs: Weibull-3P, Gamma-3P e Normal (Tabela 3). Para as funções Weibull-3P e Gamma-3P o parâmetro de locação foi truncado à esquerda (diâmetro mínimo = 5,0 cm); a função Normal não permite utilizar tal procedimento.

As comparações entre as distribuições observadas e teóricas foram avaliadas utilizando os testes de aderência de Kolmogorov-Sminov (KS) e de Anderson-Darling (AD), ao nível de 5,0% de significância.

As distribuições diamétricas foram obtidas no Microsoft Excel®. As FDP's foram ajustadas utilizando o Software EasyFit Professional, versão 5.6 (Released: 2015-01-03), desenvolvido pela Mathwave Technologies (204-2015); por meio deste software também foram obtidos os resultados dos testes de Kolmogorov-Sminov e Anderson-Darling.

Tabela 3. Funções Densidade de Probabilidade que foram ajustadas para descrever a estrutura diamétrica das espécies endêmicas dos fragmentos de Floresta Atlântica em Minas Gerais

Nome	Função densidade de probabilidade	Condição	Obs.:
Weibull-3P	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left(- \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^\alpha \right)$	$\gamma < x < +\infty$ $\alpha > 0$ $\beta > 0$ $\gamma > 0$	Equação 1
Gamma-3P	$f(x) = \frac{(x - \gamma)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp \left(- (x - \gamma) / \beta \right)$	$\gamma < x < +\infty$ $\alpha > 0$ $\beta > 0$ $\gamma > 0$	Equação 2
Normal	$f(x) = \frac{\exp \left(- \frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right)}{\sigma \sqrt{2\pi}}$	$-\infty < x < +\infty$	Equação 3

x – Centro de classe de diâmetro (cm); α = parâmetro de forma; β = parâmetro de escala; γ = parâmetro de locação; Γ = função gamma; μ = parâmetro de locação; σ = parâmetro de escala.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, esperava-se estudar três espécies endêmicas por fragmento. Mas, alguns fatores limitaram tal possibilidade. Nos fragmentos de Delfinópolis e na Reserva Biológica Mata Seca (municípios de Manga e Itacarambi), a espécie endêmica com terceiro maior IVI apresentou menos que 10 indivíduos, o que foi insuficiente para representar a sua distribuição diamétrica. Também, no fragmento de Matias Cardoso, foram encontradas somente duas espécies endêmicas. Por essas razões apenas 2 espécies foram selecionadas nesses fragmentos.

A ocorrência das espécies endêmicas, quanto à fitofisionomia e os municípios, está indicada na Tabela 4. Também, estão indicados o número de indivíduos no fragmento (N), o índice de valor de importância (IVI) e o ranqueamento quanto ao IVI (R).

O número de indivíduos (N) variou de 24 a 726 (Tabela 4). Cinco espécies (*H. lancifolius*, *C. trichoclada*, *P. grandiflorum*, *P. axillaris* e *A. glaziovii*) apresentaram N menor ou igual a 50 indivíduos. Este baixo número de indivíduos pode comprometer a sustentabilidade dessas espécies no ambiente de ocorrência, pois elas também possuem IVI inferior a 3,0%, não ocupando posição de destaque no fragmento.

Apenas seis das 15 espécies estão entre os 10 maiores IVI's de seu fragmento. A espécie endêmica com maior destaque foi *T. reticulata*. Ela ocorreu em dois fragmentos, porém na mesma fitofisionomia (Floresta Estacional Decidual) (Tabela 4), apresentando os maiores valores de N (417 e 726 indivíduos) e IVI (18,02 e 29,36%), ocupando os melhores ranqueamentos (segundo e quarto lugares). Apenas *S. bullatum* e *M. triflora* ocuparam o quarto lugar no ranque de IVI, porém com N e IVI inferiores à *T. reticulata*. Embora *T. reticulata* tenha se destacado em dois fragmentos, Gonzaga *et al.* (2017) classificaram esta espécie como raríssima, ao estudar a fitossociologia em dois fragmentos de Floresta Estacional Decidual no Norte de Minas Gerais.

Tabela 4. Indicação dos fragmentos estudados, por fitofisionomia e município de ocorrência, e descrição das espécies endêmicas estudadas cada fragmento de Floresta Atlântica, no estado de Minas Gerais

Fitofisionomia	Município	Espécie	N	IVI (%)	R
Floresta Estacional Semidecidual	Jequitinhonha	<i>Tovomitopsis saldanhae</i> Engl.	220	5,25	12º
		<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P.Lewis & M.P.Lima	107	3,32	19º
		<i>Himatanthus lancifolius</i> (Müll. Arg.) Woodson	50	2,50	29º
Floresta Estacional Decidual	Delfinópolis	<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	76	5,03	13º
		<i>Cordia trichoclada</i> DC.	25	2,04	35º
Floresta Ombrófila	Matias Cardoso	<i>Tabebuia reticulata</i> A.H.Gentry	417	18,02	4º
		<i>Deguelia costata</i> (Benth.) A.M.G.Azevedo & R.A.Camargo	242	11,18	9º
	Manga e Itacarambi	<i>Tabebuia reticulata</i> A.H.Gentry	726	29,36	2º
Floresta Ombrófila	Camanducaia	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	24	1,89	14º
		<i>Solanum bullatum</i> Vell.	74	4,00	4º
		<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	60	1,41	16º
	Lima Duarte e Santa Rita de Ibitipoca	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	37	1,04	23º
		<i>Mollinedia triflora</i> (Spreng.) Tul.	119	11,83	4º
		<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.	82	8,32	8º
		<i>Aiouea glaziovii</i> (Mez) R.Rohde	33	2,98	25º

N = Número de indivíduos no fragmento; IVI = Índice de Valor de Importância do indivíduo no fragmento (%); R = Ranking do IVI do indivíduo no fragmento.

O IVI reflete a frequência, a dominância e a densidade relativas das espécies florestais em um ambiente, demonstrando a importância de cada espécie dentro da sua formação florestal. Contudo, não possibilita diferenciar, somente pelo seu valor, qual variável tem maior influência na sua estimativa. Nesse caso, o uso da distribuição diamétrica permitirá avaliar tanto o número de indivíduos, quanto o tamanho deles. As Figuras (1 a 6) apresentam a distribuição diamétrica observada e estimada das espécies florestais estudadas.

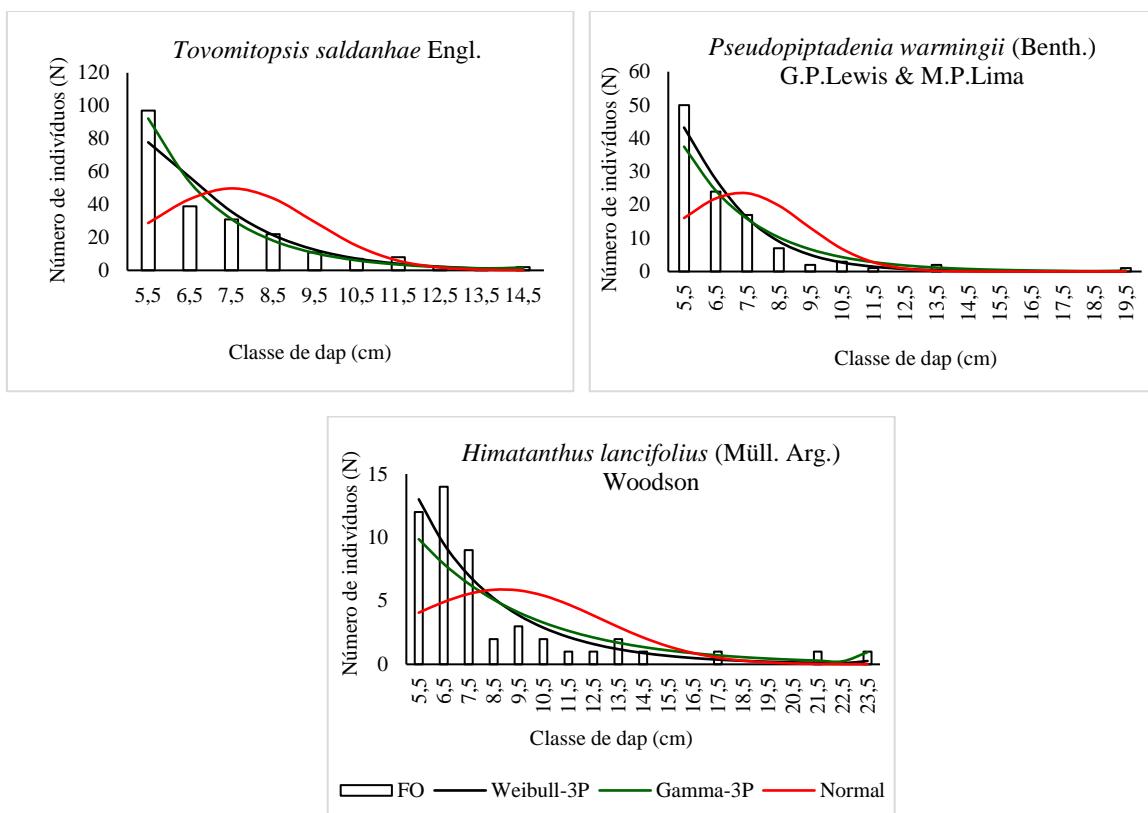


Figura 1. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de três espécies endêmicas, em Floresta Estacional Semidecidual, em Jequitinhonha-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

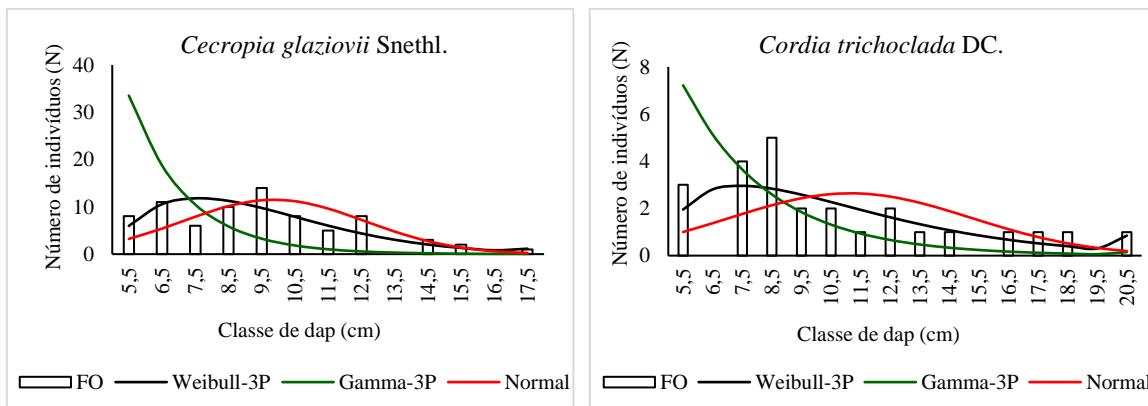


Figura 2. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de duas espécies endêmicas, em Floresta Estacional Semidecidual, em Delfinópolis-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

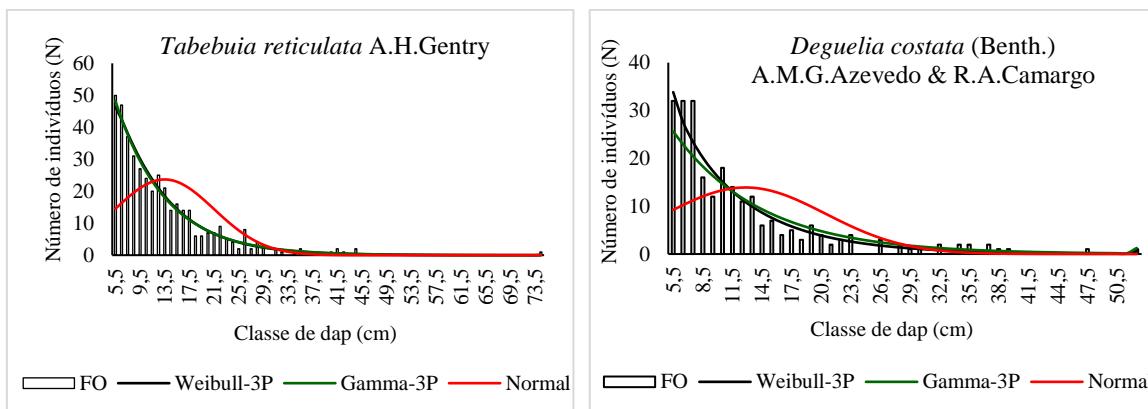


Figura 3. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de duas espécies endêmicas, em Floresta Estacional Decidual, em Matias Cardoso-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

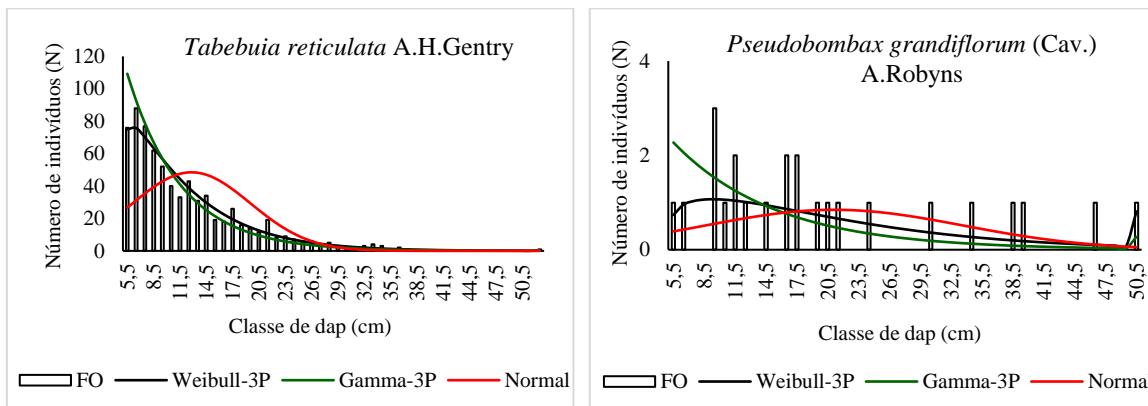


Figura 4. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de duas espécies endêmicas, em Floresta Estacional Decidual, no Parque Estadual da Mata Seca em Manga e Itacarambi-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

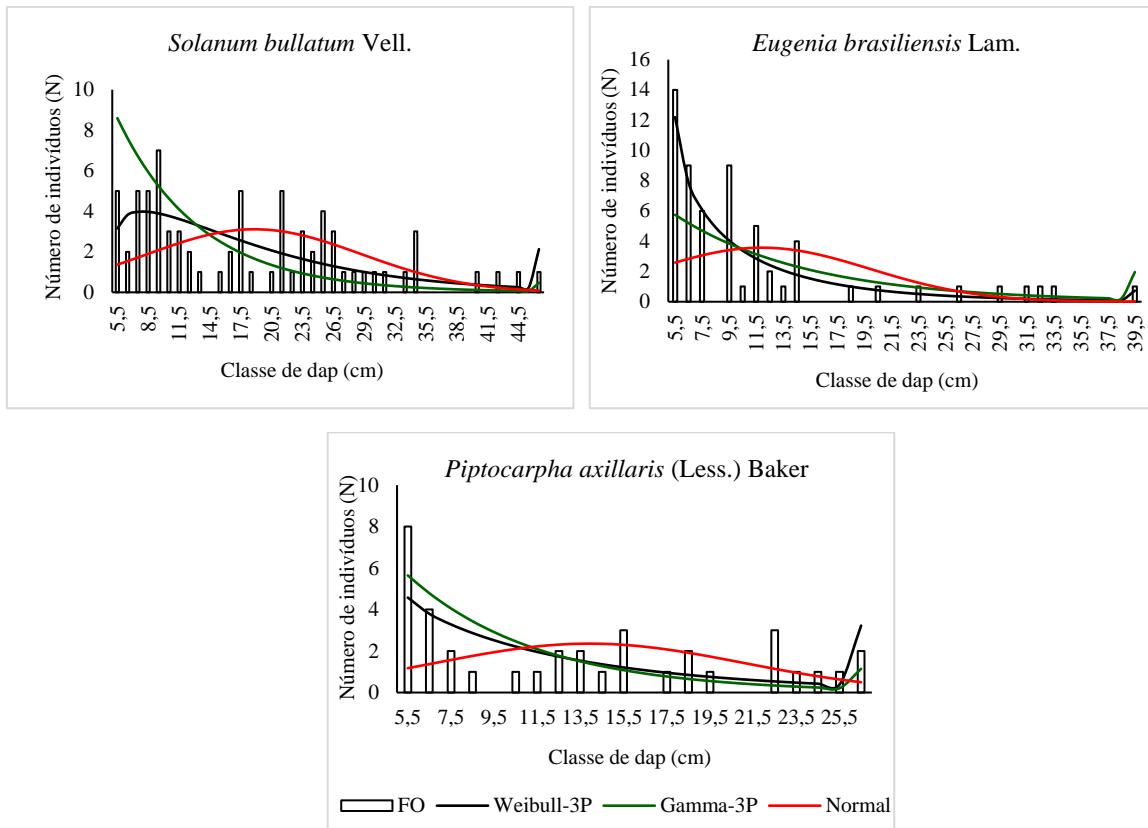


Figura 5. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de três espécies endêmicas, em Floresta Ombrófila, em Camanducaia-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

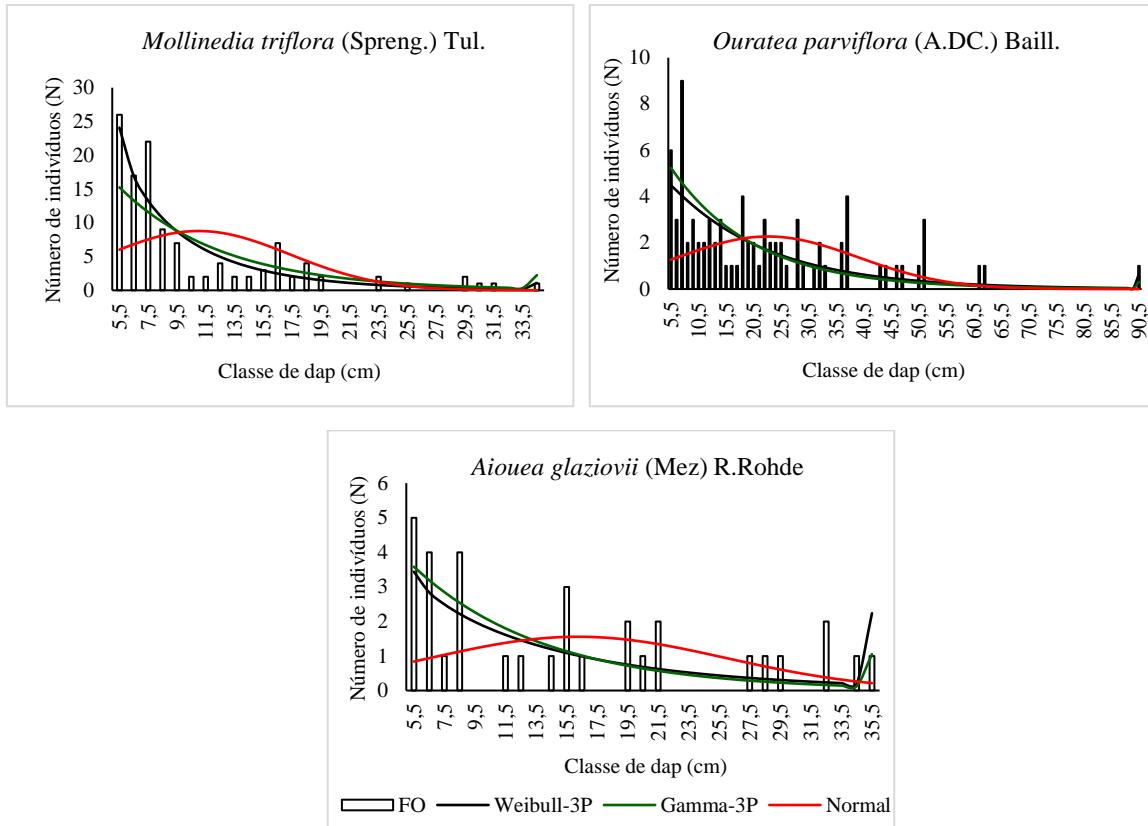


Figura 6. Distribuição diamétrica observada (FO) e estimada por meio da função Weibull-3P, Gamma-3P e Normal, de três espécies endêmicas, em Floresta Ombrófila, no Parque Estadual do Ibitipoca em Lima Duarte e Santa Rita de Ibitipoca-MG. (dap = diâmetro à 1,30 m do solo).

Verifica-se por meio da distribuição diamétrica observada que o diâmetro máximo (D_{max}) foi inferior ou igual à 90,97 cm. O D_{max} é uma variável relevante para a estimativa da dominância. Porém, a maioria das espécies endêmicas apresentaram D_{max} inferior a 50,0 cm, sendo cinco delas com diâmetro menor que 25,0 cm. Essa variação de diâmetro, associado com a variação de N, permite inferir que as espécies endêmicas possuem importâncias diferenciadas no fragmento de ocorrência, sugerindo a necessidade de realizar manejos específicos para sua conservação.

T. reticulata além de apresentar elevado valor de N, também apresentou indivíduos de porte elevado, próximos de 50,0 (Figura 4) e 70,0 cm (Figura 3), o que contribui substancialmente para elevar o seu IVI. Apenas *O. parviflora* apresentou diâmetro superior a *T. reticulata* (Figura 6), no centro de classe de 90,5 cm. Porém, por apresentar poucos indivíduos, o seu IVI foi inferior às espécies *T. reticulata*, *M. triflora* e *D. costata* (Tabela 4).

Dentre as 15 espécies endêmicas selecionadas, apenas *T. saldanhae* e *P. warmingii* (Figura 1) e *T. reticulata* (Figura 3) apresentaram distribuição diamétrica em exponencial negativa (J-invertido), caracterizada pela redução de N nas sucessivas classes diâmetro. As espécies *H. lancifolius* (Figura 1), *D. costata* (Figura 3), *T. reticulata* (Figura 4), *E. brasiliensis* (Figura 5) e *M. triflora* (Figura 6) apresentaram distribuição com tendência à exponencial negativa, mas com valores de N oscilando nas primeiras classes. As demais espécies apresentaram padrões de distribuição diamétrica aleatórios, com valores de N oscilando nas classes diamétricas.

A compreensão da estrutura diamétrica pode auxiliar na conservação das espécies e as três espécies supracitadas, requerem maior atenção em sua conservação (Arce, 2004; Scolforo, 2006). Machado *et al.* (2009) observaram variações nas distribuições diamétricas de espécies florestais em Floresta Ombrófila Mista, com caso de distribuição em exponencial negativa, enquanto outras espécies apresentaram distribuição unimodal com assimetria positiva. A distribuição diamétrica que segue uma exponencial negativa pode proporcionar maior sustentabilidade da espécie na floresta, pois garante a regeneração natural ao longo do tempo, visto que há um maior aporte de indivíduos nas primeiras classes diamétrica.

As espécies florestais que não apresentam a distribuição de exponencial negativa, podem ser mais vulneráveis no ambiente, pois a baixa frequência de indivíduos nas primeiras classes, poderão comprometer a regeneração natural dessas espécies. Nesse caso, destacam-se as espécies *C. glaziovii* e *C. trichoclada* (Figura 2), *P. grandiflorum* (Figura 4), *S. bullatum* e *P. axiliares* (Figura 5), *O. parviflora* e *A. glaziovii* (Figura 6).

Os coeficientes das funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal estão indicados nas Tabelas 5, 6 e 7. Também, estão indicados nestas tabelas as estatísticas dos testes de aderência de Kolmogorov-Sminorv (KS) e Anderson-Darling (AD).

Tabela 5. Parâmetros e estatísticas dos testes de aderência das funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal ajustadas para distribuição diamétrica de espécies endêmicas com maior valor de importância em Floresta Estacional Semidecidual, em Minas Gerais

Funções densidade de probabilidade	Parâmetros					D _{calc}	AD _{calc}
	α	β	γ	σ	μ		
<i>Tovomitopsis Saldanhae</i> Engl.							
Weibull-3P	1,1128	2,1077	5	-	-	0,2583 ns	8,2094*
Gamma-3P	1,0969	1,8399	5	-	-	0,2415 ns	7,8470*
Normal	-	-	-	1,9270	7,0182	0,2255 ns	10,8350*
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth). G. P. Lewis & M. P. Lima							
Weibull-3P	1,0729	1,8481	5	-	-	0,2493 ns	30,1320*
Gamma-3P	0,77188	2,3186	5	-	-	0,3020 ns	23,8590*
Normal	-	-	-	2,0371	6,7897	0,2633 ns	47,9370*
<i>Himatanthus lancifolius</i> (Müll. Arg.) Woodson							
Weibull-3P	0,98945	3,3623	5	-	-	0,1743 ns	17,9340*
Gamma-3P	0,74254	4,5520	5	-	-	0,2019 ns	16,1530*
Normal	-	-	-	3,9224	8,3800	0,2888 ns	20,6810*
<i>Cecropria glaziovii</i> Snethl.							
Weibull-3P	1,5844	4,8537	5	-	-	0,1276 ns	3,4056*
Gamma-3P	2,5414	1,7189	5	-	-	0,1412 ns	3,6531*
Normal	-	-	-	2,7403	9,3684	0,1256 ns	4,3214*
<i>Cordia trichoclada</i> DC.							
Weibull-3P	1,3764	6,1858	5	-	-	0,1298 ns	2,8107*
Gamma-3P	1,9282	2,9354	5	-	-	0,1235 ns	3,0217*
Normal	-	-	-	4,0761	10,66	0,1819 ns	2,8156*

α , β e γ = parâmetros de forma, escala e locação, respectivamente; σ e μ = parâmetros de escala e locação, respectivamente; D_{calc} = valor calculado para o teste Kolmogorov-Sminorv; AD_{calc} = valor calculado para o teste de Anderson-Darling; ns = não significativo ao nível de 5% de significância; * = significativo ao nível de 5% de significância.

Tabela 6. Parâmetros e estatísticas dos testes de aderência das funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal ajustadas para distribuição diamétrica de espécies endêmicas com maior valor de importância em Floresta Estacional Decidual, em Minas Gerais

Funções densidade de probabilidade	Parâmetros					D _{calc}	AD _{calc}
	α	β	γ	σ	μ		
<i>Tabebuia reticulata</i> A. H. Gentry							
Weibull-3P	1,0246	8,0599	5	-	-	0,0691 ns	141,58*
Gamma-3P	0,98202	8,1233	5	-	-	0,0633 ns	135,46*
Normal	-	-	-	8,0499	12,9770	0,1765 ns	335,76*
<i>Deguelia costata</i> (Benth.) A. M. G. Azevedo & R. A. Camargo							
Weibull-3P	0,95943	7,1947	5	-	-	0,0925 ns	57,024*
Gamma-3P	0,82104	8,9385	5	-	-	0,0975 ns	54,006*
Normal	-	-	-	8,0993	12,339	0,1992 ns	86,741*
<i>Tabebuia reticulata</i> A. H. Gentry							
Weibull-3P	1,094	7,5795	5	-	-	0,0749 ns	66,187*
Gamma-3P	1,194	6,1315	5	-	-	0,0805 ns	65,750*
Normal	-	-	-	6,6999	12,3210	0,1543 ns	123,430*
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns							
Weibull-3P	1,2314	16,716	5	-	-	0,0969 ns	9,094*
Gamma-3P	1,554	10,055	5	-	-	0,0818 ns	9,4938*
Normal	-	-	-	12,534	20,625	0,1818 ns	8,0715*

α , β e γ = parâmetros de forma, escala e locação, respectivamente; σ e μ = parâmetros de escala e locação, respectivamente; D_{calc} = valor calculado para o teste Kolmogorov-Sminorv; AD_{calc} = valor calculado para o teste de Anderson-Darling; ns = não significativo ao nível de 5% de significância; * = significativo ao nível de 5% de significância.

Tabela 7. Parâmetros e estatísticas dos testes de aderência das funções Weibull-3P, Gamma-3P e Normal ajustadas para distribuição diamétrica de espécies endêmicas com maior valor de importância em Floresta Ombrófila, em Minas Gerais

Funções densidade de probabilidade	Parâmetros					D _{calc}	AD _{calc}
	α	β	γ	σ	μ		
<i>Solanum bullatum</i> Vell.							
Weibull-3P	1,1847	14,075	5	-	-	0,1199 ns	10,732*
Gamma-3P	1,6445	8,1021	5	-	-	0,1405 ns	11,4210*
Normal	-	-	-	10,3900	18,3240	0,1498 ns	11,4560*
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.							
Weibull-3P	0,84089	5,8227	5	-	-	0,1192 ns	28,4750*
Gamma-3P	0,6474	9,9371	5	-	-	0,1573 ns	27,1670*
Normal	-	-	-	7,9956	11,433	0,2300 *	30,4790*
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker							
Weibull-3P	0,95792	8,2749	5	-	-	0,1505 ns	3,3815*
Gamma-3P	1,3944	6,0377	5	-	-	0,2238 ns	2,7690*
Normal	-	-	-	7,1296	13,4190	0,1752 ns	1,6014 ns
<i>Mollinedia triflora</i> (Spreng.) Tul.							
Weibull-3P	0,90091	5,2068	5	-	-	0,1429 ns	25,21*
Gamma-3P	0,75372	7,2972	5	-	-	0,1400 ns	24,301*
Normal	-	-	-	6,3352	10,5	0,2457 *	30,29*
<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.							
Weibull-3P	1,0039	17,625	5	-	-	0,0882 ns	62,624*
Gamma-3P	1,1604	15,165	5	-	-	0,1147 ns	66,441*
Normal	-	-	-	16,336	22,598	0,1476 *	93,127*
<i>Aiouea glaziovii</i> (Mez) R. Rohde							
Weibull-3P	0,94019	10,465	5	-	-	0,1240 ns	6,4616*
Gamma-3P	1,234	8,7054	5	-	-	0,1911 ns	5,8746*
Normal	-	-	-	9,6704	15,742	0,1973 ns	3,8773*

α , β e γ = parâmetros de forma, escala e locação, respectivamente; σ e μ = parâmetros de escala e locação, respectivamente; D_{calc} = valor calculado para o teste Kolmogorov-Sminorv; AD_{calc} = valor calculado para o teste de Anderson-Darling; ns = não significativo ao nível de 5% de significância; * = significativo ao nível de 5% de significância.

Com base no teste KS, as funções estudadas conseguiram modelar a distribuição diamétrica para a maioria das espécies (Tabelas 5, 6 e 7). Mesmo as distribuições diamétricas apresentando padrões assimétricos verificou-se que a função Normal também apresentou não significância. Somente para as espécies *E. brasiliensis*, *M. triflora* e *O. parviflora* que a função Normal não representou adequadamente a distribuição observada. Contudo, o ajuste foi realizado com base nos valores dos centros de classes de diâmetro, o que interfere no número de observações para encontrar os valores críticos.

Cysneiros *et al.* (2017) observaram que a função Normal propiciou os piores desempenhos dentre diferentes funções avaliadas, enquanto Orellana *et al.* (2014), em 20 espécies estudadas, indicaram que a função de Beta apresentou os melhores resultados em 50% dos ajustes. Como a distribuição em exponencial negativa é uma distribuição assimétrica, seria esperado os piores resultados para a função Normal. Enquanto para a distribuição Weibull, por ser uma função flexível, seria esperado os melhores resultados para tais distribuições.

Ao se avaliar a aderência das distribuições com base no teste de AD, os resultados são opostos ao teste KS; isto é, as funções utilizadas não apresentaram significância à 5,0% de probabilidade, não sendo adequadas para representar as distribuições diamétricas em nível de espécie. Esse padrão não foi observado apenas para a espécie *P. axillaris*, quando utilizada a função Normal. Portanto, para apenas 1 das 15 espécies avaliadas, o uso das funções densidade de probabilidade selecionadas para o estudo foi adequado para estimar sua distribuição diamétrica de acordo com os resultados do teste AD à 5% de significância.

5. CONCLUSÃO

As espécies endêmicas da Floresta Atlântica apresentam baixo índice de valor de importância (IVI).

A espécie *Tabebuia reticulata* apresenta comportamento diferenciado das demais, com maiores valores de IVI, em dois fragmentos.

O padrão de distribuição diamétrica varia de acordo com a espécie e, em poucos casos, é representado pela exponencial negativa (J-invertido).

Com base no Teste KS, as funções densidade de probabilidade utilizadas no estudo são capazes de modelar a distribuição diamétrica das espécies endêmicas. Enquanto para o teste AD, estas não são adequadas para este fim.

O teste de Kolmogorov-Smirnov apresenta menor rigor nas avaliações das aderências de funções densidade de probabilidade, enquanto o teste de Anderson-Darling possui maior rigor nesse quesito.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCE, J. E. Modelagem da estrutura de plantios clonais de *Populus deltoides* Marsh. através de distribuições probabilísticas. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 149-164, 2004.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands.** Oxford: Pergamon, 1970.

BARROS, P. L. C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós – Pará.** 1980. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

BILLA, J. M. *et al.* Distribuição diamétrica e principais espécies arbóreas presentes nos ecossistemas de Miombo, Mopane e Mecrusse em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, p. 1-7, 2018.

BINOTI, M. L. M. S. *et al.* Utilização de redes neurais artificiais para a projeção da distribuição diamétrica de povoamento equiâneos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 4, p. 747-754, 2014.

BRASIL. Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 de dez de 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm. Acesso em: 04 nov. 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 012, de 04 de maio de 1994. Glossário de Termos Técnicos, elaborado pela Câmara Técnica Temporária para Assuntos de Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 04 maio de 1994.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 249, de 29 de janeiro de 1999. Diretrizes para a Política de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 01 fev de 1999.

CAMPANILI, M.; SCHAFER, W. B. **Mata Atlântica**: manual de adequação ambiental. Brasília: MMA/SBF, 2010.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: Perguntas e respostas. 5 ed., Viçosa: Editora UFV, 2017.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 327–337, 2009.

CAVALHEIRO, R. *et al.* Predição da produção total em povoamentos de *Pinus taeda* L. por diferentes categorias de modelos. **Biofix**, v. 8, n. 1, p. 16-23, 2023.

CIARNOSCHI, L. D. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de três espécies da região amazônica. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 3, p. 731-736, 2019.

COSTA, S. N. *et al.* Estrutura populacional de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. e *Dinizia excelsa* Ducke em floresta de terra firme no Amapá. **Nativa**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 445-451, 2019.

CRUZ, L. L. *et al.* Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 171-190, 2021.

CYSNEIROS, V. C. *et al.* Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no Sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 1-10, 2017.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 16 mar. 2023.

FOLEY, J. A. *et al.* Global Consequences of Land Use. **Science**, [Washington, DC], v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FRANCISCO, A.; SIMÕES, T. Testes de aderência aplicados à distribuição da profundidade de trinca em tubos do gerador de vapor de uma planta nuclear PWR. **Vetor**, Rio Grande, v. 31, n. 1, p. 53–59, 2021.

FREITAS, J. L. *et al.* Structural analysis and distribution patterns in lowland Tropical Forest, Eastern Amazon. **Journal of Agricultural Studies**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 240-255, 2019.

FREITAS, W. K. *et al.* Diametric structure of a Deciduous Forest fragment in the agribusiness region of western Santa Catarina state, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 267-276, 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2022-2023. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2024.

GONZAGA, A. P. D. *et al.* Interações espécie-ambiente no componente regenerante de dois fragmentos de Floresta Estacional Decidual no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Heringeriana**, [s.l.], v. 1, n. 11, p. 39-57. 2017.

GUERA, O. G. M. *et al.* Evolução da distribuição diamétrica em plantios de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barrett & Golfari. **Biofix**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 161-171, 2018.

GUILHERME, S. S. *et al.* Aderência de funções de distribuição diamétrica em diferentes amplitudes de classes de um fragmento de floresta inequívoca. **Biofix**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 239-245, 2020.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, Washington, DC, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2015.

HENTZ, A. M. *et al.* K. Efeito de borda sobre a distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 732-752, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência de notícias IBGE. **Censo 2022: informações de população e domicílios por setores censitários auxiliam gestão pública**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39525-censo-2022-informacoes-de-populacao-e-domicilios-por-setores-censitarios-auxiliam-gestao-publica> . Acesso em 04 nov. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados> . Acesso em 04 nov. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas de Biomas do Brasil, 2004. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_5000mil.pdf . Acesso em 18 dez. 2024.

LAURENCE, W. F. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 142, n. 6, p. 1137, 2009.

LIMA, R. A. F. *et al.* Defining endemism levels for biodiversity conservation: Tree species in the Atlantic Forest hotspot. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 252, p. 1-9, 2020

LIMEIRA, M. M. C. *et al.* Ajuste da distribuição diamétrica e similaridade florística para áreas ciliares através do uso de funções de densidade de probabilidade. **Colloquium Agrariae**, Tocantins, v. 16, n. 4, p. 1-16, 2020.

MACHADO, S. A. *et al.* Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2428-2434, 2009.

MACHADO, S. A. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de Lauraceae em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, p. 91-105, 2010.

MARANGON, G. P. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de espécies lenhosas da Caatinga, semiárido pernambucano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 863-874, 2016.

MEDEIROS, F. S. *et al.* Florística, fitossociologia e modelagem da distribuição diamétrica em um fragmento de Caatinga em São Mamede-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v. 14, n. 2, p. 85-95, 2018.

MEIRA, M. R. *et al.* Caracterização estrutural do Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no Cerrado do norte de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 627-638, 2016.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 601-607, 2005.

MYERS, A. A.; DE GRAVE, S. Endemism: origins and implications. **Vie et Milieu**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 195-204, 2000.

MYERS, N. Threatened biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests. **Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Washington, EUA, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

ORELLANA, E. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 297-308, 2014.

ORELLANA, E. *et al.* Métodos de ajuste e procedimentos de seleção de funções probabilísticas para modelar a distribuição diamétrica em floresta nativa de Araucária. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 969-980, 2017.

PERTILLE, C. T. *et al.* Volume prediction through form factor and regression models by age class for *Pinus taeda* L. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.5, n.3, p.431-436, 2018.

PULZ, F. A. *et al.* Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequívoca com a matriz de transição. **Cerne**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 1-14, 1999.

REIS, L. P. *et al.* Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 57, n. 3, p. 234-243, 2014.

RIBEIRO, F. P. *et al.* Diametric distribution of forestry species in Riparian Forest in the southern part of the Amazon. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 42, p. 1-10, 2022.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SANKARAN, S. *et al.* Exploring the ecological significance of endemic wildlife: a critical analysis of their role in ecosystem dynamics. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, Muzaffarnagar, Índia, v. 45, n. 9, p. 94-114, 2024.

SANTOS, M. A. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica para Eucalipto seminal na região Centro Oeste de Mato Grosso. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 2, p. 639-643, 2019.

SANTOS, R. O. *et al.* Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SANTOS, R. O. *et al.* Florística e estrutura de uma comunidade arbórea na floresta estadual do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Nativa**, [s.l.], v.5, p. 529-539, 2017.

SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. **A Mata Atlântica e você**: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: APREMAVI, 2002.

SCOLFORO, J. R. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, J. R. *et al.* Amostragem e caracterização dos fragmentos na floresta estacional decidual. In: MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais**: Floresta Estacional Decidual - Florística, estrutura, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e manejo florestal. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 1-25.

SILVA, F. Modelagem pré-colheita da estrutura diamétrica de plantios de *Pinus* spp. por meio de distribuições probabilísticas. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p. 381-390, 2012.

SILVA, V. S. M. *et al.* Prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis* dehnh. pela aplicação da função de distribuição S_b de Johnson. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 853-863, 2009.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas**: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: UFV, 2013.

SOUZA, C. R. *et al.* Projection of diametric distribution and carbon stock of a managed forest in Manaus/AM. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 3, p. 525 - 534, 2014.

STEEGE, H. T. *et al.* The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. **Scientific reports**, v. 6, p. 1-15, 2016.

TABARELLI, M. *et al.* A conversão da floresta atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciencia**, Caracas, Venezuela, v. 37, n. 2, p. 88-92, 2012.

TÉO, S. J. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista em Lebon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 337-348, 2015.

THOMAS, C. D. *et al.* Exporting the ecological effects of climate change: Developed and developing countries will suffer the consequences of climate change, but differ in both their responsibility and how badly it will affect their ecosystems. **EMBO reports**, Heidelberg, Alemanha, v. 9, p. 28-33, 2008.

TRAUTENMÜLLER, J. W. *et al.* Modelagem da estrutura diamétrica em ecótono de Floresta Ombrófila Mista e Estacional Decidual submetida a manejo florestal sustentado. **Biofix**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 26-34, 2019.

VARGAS, R. *et al.* Spatial distribution and regeneration strategies of the main forest species on Robinson Crusoe Island. **Revista Chilena de Historia Natural**, Chile, v. 83, p. 349-363, 2010.

VIEIRA, D. S. *et al.* Estrutura diamétrica e espacial de espécies madeireiras de importância econômica na Amazônia. **Scientia Forestalis**, [s.l.], v. 49, p. 1-15, 2021.

WENDLING, W. T.; EMERENCIANO, D. B.; HOSOKAWA, R. T. Ajuste da função de distribuição diamétrica Weibull por planilha eletrônica. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 2, p. 205-220, 2011.

WESTPHAL, C. *et al.* Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 223, p. 75-83, 2006.