

# MANEJO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA A PARTIR DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## MANAGEMENT OF THE MIXED OMBROPHYLOUS FOREST FROM DIAMETRIC DISTRIBUTION: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Victória Varela Silva<sup>1</sup>, Marcos Felipe Nicoletti<sup>2</sup>, Mário Dobner Jr<sup>3</sup>, Douglas Rufino Vaz<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil –  
[victoria.vs2511@edu.udesc.br](mailto:victoria.vs2511@edu.udesc.br), [marcos.nicoletti@udesc.br](mailto:marcos.nicoletti@udesc.br), [mario.dobner@ufsc.br](mailto:mario.dobner@ufsc.br),  
[douglasrufinovaz@gmail.com](mailto:douglasrufinovaz@gmail.com),

### RESUMO

A diminuição expressiva da área de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista (FOM) ocorreu principalmente devido à intensa exploração madeireira de espécies, como a *Araucaria angustifolia*. A avaliação dos fragmentos submetidos a distúrbios antrópicos de diferentes intensidades e natureza, identificou fortes diferenciações florísticas e estruturais na vegetação. O conhecimento das características estruturais, como a projeção da distribuição diamétrica no tempo, é de real importância para o manejo das florestas naturais, definindo intervenções que assegurem a sustentabilidade. Com o objetivo de apresentar formas de se obter a distribuição diamétrica, a presente revisão baseou-se em mais de 20 referências, após seleção do levantamento de publicações científicas. A elaboração dos resultados da pesquisa foi dividida em duas partes, mostrando inicialmente cada método e posteriormente seus respectivos resultados. No geral, fragmentos da FOM submetidos ao corte seletivo podem recuperar suas variáveis estruturais em poucas décadas. No entanto, nota-se que todos os parâmetros apresentam baixo incremento, podendo estar relacionado à falta de condução das florestas nativas ou exploração desordenada. Quanto a *A. angustifolia*, essa vem diminuindo sua participação na floresta, com a tendência de as folhosas aumentarem. Conclui-se que há diversos métodos para se obter a distribuição diamétrica de uma floresta, tendo a necessidade da continuação dos estudos para que no futuro seja possível a determinação de um ciclo de manejo sustentável que priorize a valorização dessa formação florestal e do bioma como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: Araucária, Prognose, Manejo.

### ABSTRACT

The significant decrease in the area of occurrence of the Mixed Ombrophylous Forest (MOF) occurred mainly due to the intense logging of species, such as *Araucaria angustifolia*. The evaluation of fragments submitted to anthropic disturbances of different intensities and nature identified strong floristic and structural differentiations in the vegetation. The knowledge of structural characteristics, such as the projection of diametric distribution in time, is of real importance for the management of natural forests, defining interventions that ensure sustainability. In order to present ways to obtain the diametric distribution, the present review was based on more than 20 references, after selecting the survey of scientific publications. The preparation of the research results was divided into two parts, initially showing each method and later its respective results. In general, fragments of MOF submitted to selective cutting can recover their structural variables in a few decades. However, it is noted that all parameters present low increment, and may be related to the lack of conduction of native forests or disordered exploitation. As for *A. angustifolia*, this has been decreasing its participation in the forest, with the trend of others trees to increase. It is concluded that there are several methods to obtain the diametric distribution of a forest, and the need for further studies is necessary so that in the future it is possible to determine a sustainable management cycle that prioritizes the valorization of this forest formation and the biome as a whole.

KEYWORDS: *Araucaria*, Prognose, Management.

### INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é caracterizada pela presença da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, a conífera indígena mais importante do Brasil, tanto

ecologicamente quanto economicamente (DOBNER Jr., 2022), que imprime o aspecto fitofisionômico próprio dessa formação florestal (HESS et al., 2014). No Brasil, a área original era de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup>, ocorrendo principalmente nos estados do Sul, e com

manchas esparsas no Sudeste em áreas de altitude elevadas (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010; HESS et al., 2010). Dados citados por Sevegnani et al. (2013) apontam que no estado de Santa Catarina, a FOM cobria originalmente 42.851,56 km<sup>2</sup> do território, e atualmente encontra-se apenas 13.741,3 km<sup>2</sup> de cobertura florestal remanescente, em sua grande maioria fragmentada. A espécie foi responsável por um importante ciclo econômico durante o século XX, quando sua madeira foi intensamente explorada (DOBNER JR et al., 2019) e houve a diminuição expressiva da área de ocorrência, em conjunto com a decorrência da ocupação e uso desordenado do solo (MELLO et al., 2003; HESS, 2012; ORELLANA et al., 2014).

Nos dias atuais, essa formação florestal é composta por mosaicos de floresta nativa com plantios florestais de espécies exóticas como as dos gêneros *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. e, em menor área, com agricultura e pastagem. A avaliação dos fragmentos submetidos a distúrbios antrópicos de diferentes intensidades e natureza, identificou fortes diferenciações estruturais na vegetação e na abundância de espécies a partir do seu histórico de uso (MELLO et al., 2003; LIEBISCH et al., 2016). De acordo com Hess et al. (2014), os remanescentes ainda existentes são encontrados em locais de difícil acesso, em áreas particulares ou em Unidades de Conservação, sendo a continuidade do sistema florestal em questão um dos maiores desafios para os programas de conservação.

Devido esse cenário atual, ocorreu a proibição de manejo do bioma, principalmente de espécies como a *A. angustifolia*, considerada como vulnerável na lista de espécies em extinção pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e, mais recentemente, como criticamente em perigo (CR) na *Red List of Threatened Species* da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (MELLO et al., 2003; PALUDO et al., 2009). Por outro lado, vê-se que a restrição do uso não é a melhor opção para preservar, não sendo bem-vista perante a população e fazendo com que ocorra o desinteresse pela conservação e a desvalorização da espécie e o meio em que está.

A partir desse pensamento, os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista poderiam ser manejados para fornecer bens e serviços para a população, madeira para fins industriais, entre outros (DALLA LANA et al., 2015b). Seguindo uma tendência mundial de conservação por meio do uso sustentável, vários esforços estão em andamento para recuperar, conservar e utilizar racionalmente os benefícios advindos da Floresta, sem que seja pela lei (MACHADO et al., 2009; DOBNER Jr., 2022), ao mesmo

tempo que é preciso investir no aumento da área oficialmente protegida. Para isso, o manejo florestal deve contemplar informações biológicas, econômicas, sociais, ambientais e de mercado (MELLO et al., 2003; LONGHI et al., 2017).

Para Machado et al. (2009), no que diz respeito à implantação de projetos de manejo em florestas nativas e o seu aproveitamento permanente, é necessário que se conheça a dinâmica, o potencial e a estrutura da floresta. As características estruturais implicam no conhecimento das espécies, suas exigências ecológicas, distribuição e dimensões, definindo critérios de exploração que permitam uma alteração positiva no povoamento, sem riscos à biodiversidade (MELLO et al., 2003; MACHADO et al., 2009; DALLA LANA et al., 2015b; ORELLANA et al., 2014).

Além das exigências já citadas, para Hess et al. (2010), precisa-se de um maior conhecimento sobre a floresta visando à colheita de árvores de diâmetros específicos. Por isto, um dos importantes pontos a serem abordados é a definição do ciclo de corte e o número de árvores por classe de diâmetro que evolui ao longo do tempo. A projeção da estrutura diamétrica é essencial para o manejo das florestas naturais, pois, a partir dos diâmetros futuros podem-se estimar a produção e definir intervenções que assegurem a sustentabilidade (MELLO et al., 2003; HESS et al., 2010).

A falta de conhecimento de parâmetros para o manejo de florestas nativas em conjunto com a legislação proibitiva, segundo Hess et al. (2010), têm contribuído para a redução, estagnação e baixa diversidade dos remanescentes naturais dessa formação. Ainda, pode-se acrescentar que o não manejo da floresta faz com que ela apresente grande densidade de indivíduos de pequenas dimensões, formando um dossel maciço, com pouca luminosidade, ocasionando a interrupção da regeneração de outras espécies acompanhantes da Araucária, bem como dela mesmo.

Nesse contexto, a distribuição diamétrica assume particular importância no levantamento de uma floresta por permitir caracterizar uma tipologia florestal e, também, por ser um potente indicador do estoque em crescimento, além de fornecer subsídios para tomada de decisões e do planejamento do manejo a ser aplicado em determinada área (MACHADO et al., 2009; HESS et al., 2014).

Desta forma, a presente revisão bibliográfica, não considerada bibliométrica ou sistemática, é focada apenas em apresentar alguns dos principais métodos de se obter os dados necessários para o levantamento da distribuição

diamétrica, assim como os resultados de indivíduos por classe de diâmetro, do incremento da floresta e possíveis técnicas de manejo, visando a sustentabilidade madeireira.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Esta revisão bibliográfica baseou-se no levantamento e análise de publicações científicas que relacionam métodos para a determinação da distribuição diamétrica e possibilidades de manejo dentro da Floresta Ombrófila Mista.

Para atingir um maior número de trabalhos, buscou-se a combinação de palavras-chave sobre o tema em questão, as palavras-chave utilizadas foram: “distribuição diamétrica”, “incremento”, “diâmetro”, “projeção diamétrica”, “prognose”, “estrutura”, “crescimento e “manejo” combinadas com “métodos”, “Floresta Ombrófila Mista” e “Araucária”.

Entre os materiais encontrados, foram examinados principalmente artigos científicos publicados, juntamente com alguns livros, resumos e teses. Após a seleção do material, foi totalizado vinte referências para a produção dessa revisão.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com base no material selecionado, a elaboração dos resultados da pesquisa foi dividida em duas partes, mostrando inicialmente cada métodos e posteriormente seus respectivos resultados, comparando-os com diversos autores e trabalhos.

### **Métodos para levantamento da distribuição diamétrica**

#### *Método cinta dendrométrica*

Segundo Figueiredo Filho et al. (2003), um método para o levantamento da distribuição dendrométrica e estimativa do volume que uma floresta adquire em certo tempo, seria a utilização das cintas dendrométricas. O instrumento consiste em uma fita que pode ser de alumínio ou outro material que seja resistente, possa ser graduado e circunde a árvore. A cinta deve permanecer fixa no tronco por meio de uma mola espiral, sendo essa produzida em vários tamanhos, capazes de abranger toda a variabilidade diamétrica.

Medem pequenas mudanças na dimensão das árvores com precisão, sendo por isto recomendadas para estudos que requerem medições em um curto período. À medida que a árvore vai crescendo em diâmetro, a mola da espiral

vai cedendo, possibilitando o registro do crescimento (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

No entanto, esse método possui algumas desvantagens. Citam-se: a ocorrência da sobreposição de parte da cinta causada pela grande resistência da mola, ocasionando erro de medição; deslocamento da cinta causado por animais ou queda de galhos; e perda de precisão para árvores com DAP menor que 8 cm. Ainda, devem ser instaladas um ano antes do período em que serão realizadas as medições, uma vez que as cintas tendem a subestimar o crescimento diamétrico no primeiro ano de avaliação. Com este método, Figueiredo Filho et al. (2003) analisou 3 anos em seu trabalho, excluindo o primeiro ano devido a afirmação anterior.

#### *Método de parcelas permanentes*

Para SCHAAF et al. (2006), a maneira mais adequada para entender o desenvolvimento da distribuição diamétrica da floresta é monitorá-la sistematicamente e por longos períodos, sendo a metodologia mais indicada para tal finalidade a instalação e medição de parcelas permanentes. Diversos parâmetros florestais podem ser obtidos através dessa metodologia, mas para isso vê-se necessário a realização de inventário florestal contínuo a médio e longo prazo (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010).

Em sua pesquisa, Schaaf et al. (2006) utilizou um inventário realizado no ano de 1979 em uma área de 9 ha e utilizou da mesma metodologia para realizar outro no ano de 2000, 21 anos após o inventário piloto, com o objetivo de verificar se houve diferença na estrutura diamétrica da floresta. No caso de Figueiredo Filho et al. (2010), as parcelas permanentes foram instaladas no ano de 2000-2001, em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista com 1.272,90 ha, mantido sem intervenção há pelo menos 60 anos. As remediações ocorreram após três e seis anos, nos anos 2004-2005 e 2007-2008, respectivamente. Por fim, Cubas et al. (2016) instalou 26 parcelas permanentes de 1 ha cada, totalizando uma área de 26 ha, no ano de 2004, onde o intervalo de medição foi de 5 anos.

#### *Método Matriz de Transição e Razão de Movimentação*

Tendo em vista a exploração madeireira que a Floresta Ombrófila Mista foi submetida, vê-se necessário analisar a capacidade de recuperação da floresta, a qual pode ser estimada mediante modelos de crescimento e produção, dentre esses modelos, os de Matriz de Transição e Razão de Movimentação (LONGHI et al., 2017). O método da Razão de Movimentação mostra-se uma ferramenta

importante para verificar as tendências que as florestas atuais apresentarão sobre uma perspectiva futura, podendo auxiliar no planejamento de intervenções de manejo ou de novos refinamentos a serem realizados na floresta, como forma de aumentar seu valor silvicultural (LONGHI et al., 2017).

Segundo Longhi et al. (2017), o método de Matriz de Transição traz melhores resultados se o povoamento for mantido em condições semelhantes ao quando realizado a coleta de dados, caso contrário as prognoses podem ser irreais. Esses autores utilizaram dados de três inventários florestais, correspondendo ao tempo de quatro, oito e doze anos após a aplicação dos cortes seletivos. A Matriz de Transição foi construída com base na enumeração da migração ou permanência dos indivíduos em suas respectivas classes diamétricas. A prognose da distribuição diamétrica para um período de 12 anos após as explorações foi comparada com os dados reais observados, com a finalidade de se verificar a acuracidade dessas projeções.

No trabalho de Mello et al. (2003), a floresta foi dividida em diferentes classes de diâmetro com diferentes amplitudes diamétricas para a construção da Matriz de Transição. Para a execução das análises, houve a separação entre folhosas e *A. angustifolia*, e então feito o prognóstico do volume e incremento ao longo do tempo.

#### *Métodos de Funções de Densidades Probabilísticas (FDP)*

De acordo com Machado et al. (2009), a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma floresta ou de uma espécie é através da aplicação de funções de densidade probabilísticas (FDP), cujas distribuições admitem obter a probabilidade de as árvores incidirem dentro das classes de diâmetro em que haja um limite inferior e outro superior. Nesse método, devido às características de cada espécie florestal, surge a necessidade de que as FDP utilizadas sejam devidamente testadas e selecionadas, de forma a identificar qual delas proporciona maior consistência para descrever o comportamento da variável (TÉO et al., 2015).

Na pesquisa de Machado et al. (2009) foram testadas sete funções de densidade probabilística (Função: Normal, Log-normal, Gamma, Beta, Weibull 2P, Weibull 3P e Sb de Johnson) para a obtenção das distribuições de frequências de árvores em cada classe de diâmetro. Para tal análise, avaliou-se o desempenho de cada função para distribuições nos intervalos de classe de 2,0 cm, 5,0 cm e 6,5 cm, o último definido pela fórmula de Sturges.

Dentre as funções, a distribuição Weibull é considerada

pela literatura uma das mais consagradas na área florestal e, portanto, uma das mais utilizadas para caracterização de distribuições diamétricas. Tal função pode ser apresentada com dois ou com três parâmetros (MACHADO et al., 2009), com destaque na de 3 Parâmetros (3P). Outra função de densidade de probabilidade que é bastante difundida nessa área é a função Beta (ORELLANA et al., 2014).

Desta forma, na pesquisa de Orellana et al. (2014), testou-se as funções Weibull 3P e a Beta, sendo ambas ajustadas pelo método da Máxima Verossimilhança, com e sem o uso da Programação Não Linear (PNL), uma ferramenta de otimização da Pesquisa Operacional recomendada para minimizar a maior diferença entre a frequência observada acumulada e a frequência estimada acumulada, positiva ou negativa, utilizada no teste de Kolmogorov-Smirnov.

No caso de Mello et al. (2003), foram utilizados 2 anos de medições para à projeção da distribuição diamétrica e volumétrica, sendo que as simulações foram elaboradas para 3 em 3 anos e os resultados se restringem ao ano de 2022. Segundos os autores, por meio das densidades prognosticadas, obtêm-se a prognose de área basal, volumétrica, biomassa ou de outra variável de interesse.

#### *Método do Quociente de Liocourt a partir de área fixa com parcelas temporárias*

Na proposta de Liocourt, que descreveu as características de uma floresta normal a partir do estudo de povoamentos irregulares, este constatou que existia certa proporcionalidade entre o número de árvores por categoria diamétrica sucessiva. Desta forma, deduziu a regra de que em povoamentos irregulares, o número de árvores em relação às classes de diâmetro decresce numa progressão geométrica. Esta relação ficou denominada como quociente de Liocourt (HESS et al., 2010).

Segundo o idealizador, em povoamentos cujas densidades sejam diferentes da normal o corte deve ajustar-se para que se obtenha o balanceamento da floresta. Ainda, no conceito de Liocourt existe uma previsão segundo a qual categorias diamétricas grandes devem ser eliminadas, devido ao seu incremento estar abaixo do ritmo das categorias menores. Mediante simulação ou experimentação, deve-se determinar o diâmetro que deve ser mantido na área (critério de maturidade ou condição de exploração). A característica deste diâmetro deve permitir que o futuro volume de remoção anual do povoamento resulte no máximo possível (HESS et al., 2010).

Em trabalhos de Hess et al. (2014, 2012, 2010) a

metodologia se baseou em medição de uma área de 1 ha dividida em 25 parcelas e determinação do coeficiente q. A partir dos dados, a frequência foi calculada a partir da equação de Meyer linearizada e após experimentação determinado os diâmetros de corte.

### **Resultados das distribuições diamétricas relacionando possíveis manejos**

#### *Cinta dendrométrica*

Por meio dos resultados do trabalho de Figueiredo Filho et al. (2003), com a cinta dendrométrica, todas as médias de incrementos por estação das folhosas geraram incrementos homogêneos e padronizados, com aumento do ritmo de crescimento na primavera, atingindo os maiores picos no verão, responsável por 50% do incremento anual, entrando em declínio no outono e atingindo incrementos praticamente nulos no inverno.

Por outro lado, Figueiredo Filho et al. (2003), indicou que a Araucária mostra um ritmo de crescimento menor em relação às folhosas, com incremento diamétrico médio anual de 0,129 cm, sendo que as classes de maiores diâmetros apresentaram taxas de incremento mais elevadas do que as de menor diâmetro, a qual apresentou taxas praticamente nulas, em decorrência da posição em que essas árvores ocupam na floresta, não dispondo de condições adequadas para se desenvolverem. Constata-se que o incremento no verão é similar ao da primavera (exceto para a maior classe de diâmetro à altura do peito (DAP)) diferentemente do que ocorreu com as folhosas.

Algumas vezes também ocorreram incrementos negativos nas remedições e até mesmo na média. Isto pode estar relacionado ao inchamento ou não da casca, devido ao grau de umidade no dia da medição ou então ao desprendimento da casca, fazendo com que a mola se contraia (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

#### *Parcelas permanentes*

Com esse método, Schaaf et al. (2006) encontrou em 1979 um diâmetro médio de 33,5 cm e o diâmetro máximo encontrado de 114,5 cm. Em 2000, a média subiu para 35,9 cm e o valor máximo encontrado foi de 117,1 cm. O coeficiente de variação subindo de 35,22 para 38,72%. A floresta e todas as parcelas apresentaram distribuição diamétrica decrescente na forma J-invertido. A partir das comparações das distribuições diamétricas dos dois anos analisados, os autores determinaram que essas se mostraram diferentes, podendo explicar devido o tempo

entre as remedições e a exploração seletiva que a floresta sofreu no passado e ainda está em evolução.

Com um intervalo de três anos, Figueiredo Filho et al. (2010) observou que houve pouca alteração no período, porém com o mesmo formato de J-invertido para a estrutura diamétrica, típico de florestas mistas com baixa existência de árvores com mais de 60 cm de DAP. Para a *A. angustifolia* a distribuição observada foi do tipo multimodal, o que indicaria a possibilidade de ter ocorrido no passado cortes seletivos da espécie em algumas classes de diâmetro. Após o período de 6 anos de estudo, o incremento médio anual da floresta nesse estudo foi de 0,24 cm, observando-se incrementos negativos devido a perca da casca entre as remedições. Para *A. angustifolia* o incremento médio foi de 0,45 cm.ano<sup>-1</sup>.

No mesmo estudo, foi determinado a área basal, com uma média de 27,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e coeficiente de variação de 18,6% entre parcelas, que entre 6 anos ainda houve aumento desse valor, indicando que a floresta ainda caminha para atingir seu estoque completo (*full-stocked*). O alto valor do coeficiente de variação pode indicar qualidade de sítios e fases de sucessão diferentes ou ainda perturbações/intervenções diferenciadas no passado. Com base nas análises em estudos realizados por diversos outros autores, Figueiredo Filho et al. (2010) consideraram como 22,9 cm o diâmetro médio aritmético e 0,21 cm.ano<sup>-1</sup> a média diamétrica anual para os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil.

Já nas pesquisas de Cubas et al. (2016), o incremento médio anual de todas as árvores presentes nas duas medições foi de 0,27 cm.ano<sup>-1</sup>, sendo os maiores incrementos verificados nas árvores com DAP superior a 80 cm, devido essas ocuparem o estrato superior da floresta. A área basal por hectare, por outro lado, aumentou de 31,1 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> para 33,5 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> em 5 anos.

#### *Matriz de Transição e Razão da Movimentação*

No trabalho de Mello et al. (2003), quanto às projeções do modelo matricial, este projeta um acréscimo do volume de madeira da Araucária de 157 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para 189 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em um período de 21 anos. Para folhosas, durante os mesmos anos, o modelo também estimou um acréscimo volumétrico ainda mais marcante, de cerca de 112 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para cerca de 156 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, resultando em um incremento de 3,67 m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup>. Longhi et al. (2017) verificaram para a *A. angustifolia* valores médios de área basal, altura e diâmetro para a floresta em geral de: 32,1 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, 13,9 metros e 22,2 cm, respectivamente, caracterizando essa vegetação como vegetação secundária em estágio

avançado de regeneração natural.

Por meio do método da Razão de Movimentação, Dalla Lana et al. (2015b) gerou resultados onde a maioria das classes diamétricas seguiu a tendência de aumento, com exceção da primeira classe, que apresentou uma redução de 8% do número de árvores. A prognose da área basal resultou em uma perspectiva de crescimento para os próximos anos, passando de  $41,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  para  $47,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  em 5 anos, com um incremento de cerca de  $0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Para que isso realmente ocorra, as taxas de crescimento devem permanecer semelhantes às de quando os dados foram estimados, mas essas taxas podem ser alteradas, principalmente, por fatores ambientais, como o clima, por exemplo, que não pode ser controlado.

Segundo o estudo de Dalla Lana et al. (2015b), até 2019 a espécie *A. angustifolia* apresentará decréscimo no número de árvores projetadas até a classe de 55 cm de diâmetro. Nas classes subsequentes, ocorre o inverso: há um aumento no número de indivíduos em cada classe durante os anos. Esse resultado pode ser atribuído ao provável crescimento das árvores de maiores diâmetros, que, em sua maioria, estão em uma situação privilegiada em relação às demais, já que atingiram o dossel superior da floresta e não sofrem mais concorrência entre indivíduos. A criação de um ambiente lumínico favorável para a germinação e desenvolvimento de plântulas dessa espécie seria uma estratégia de mantê-la dentro da floresta futuramente.

Mello et al. (2003) percebeu as evoluções nas frequências simuladas com o passar do tempo para a *A. angustifolia*, determinando expressivos aumentos em algumas classes. Para as espécies folhosas percebe-se um progressivo aumento do número de árvores em todas as classes de DAP, o que ocorre devido ao recrutamento elevado e ao bom crescimento que estas espécies apresentariam no horizonte de simulação. Longhi et al. (2017) além do aumento para as amplitudes de classes analisadas, demonstrou que a área basal também apresentou tendência de aumentar com o passar do tempo, mostrando claramente os sinais de recuperação da floresta após cortes seletivos.

Desta forma, Longhi et al. (2017) constatou que cortes seletivos aplicados, com a redução de 20 a 30% da área basal por classe de diâmetro, não interferiram na forma da estrutura diamétrica da floresta, justificando a possibilidade do uso de modelos de projeção da estrutura diamétrica que dependem de seu estado atual, como os modelos de Matriz de Transição e de Razão de Movimentação, apesar de suas já conhecidas limitações de uso em florestas alteradas.

No estado do Paraná, na FLONA de Irati, Stepka et al. (2010) observaram pequena vantagem do método de Razão de Movimentação em relação ao de Matriz de Transição, tendo ambos apresentados resultados satisfatórios. Já Dalla Lana et al. (2015a) em uma floresta com Araucária em São João do Triunfo, testaram os mesmos métodos de projeção em diferentes amplitudes temporais e, assim como Longhi et al. (2017), verificaram estimativas confiáveis apenas para a amplitude temporal de 2 anos.

Para os autores Melo et al. (2003), Dalla Lana et al. (2015b) e Longhi et al. (2017), com o modelo matricial, verificaram a presença da distribuição decrescente (tipo J-invertido), ou seja, um número de árvores bem maior nas classes de diâmetro menores. Este padrão de distribuição é esperado para florestas naturais onde o processo contínuo de regeneração e competição no sub-bosque se verifica de forma balanceada. Já para Araucária, Mello et al. (2003) e Dalla Lana et al. (2015b) verificaram uma distribuição distinta, com tendência uniforme em termos de frequência nas classes diamétricas, indicando que, embora o recrutamento da espécie venha sendo maior que a respectiva mortalidade, a longo prazo ocorre ameaças maiores à esta espécie. Se essa característica permanecer, são consideráveis as chances de que a Araucária apresente, no futuro, distribuição diamétrica unimodal dentro dessa floresta, fato já verificado no trabalho de Machado et al. (2009).

#### *Funções de Densidade Probabilísticas (FDP)*

Machado et al. (2009), estudando fragmentos de Floresta Ombrófila Mista do Estado do Paraná, indicaram as funções Sb de Johnson, Gamma (Adaptada), Weibull 3P, Normal e Weber como as que proporcionaram maior eficiência para representar a distribuição diamétrica. A função Normal foi a que melhor se ajustou para dois dos três intervalos de classes testados (2,0, 5,0 e 6,55 cm), e a função Sb de Johnson foi uma das funções que se ajustou de forma mais eficiente e flexível para a distribuição diamétrica de *A. angustifolia*, sendo que essa apresentou-se como unimodal. Todas as distribuições apresentaram melhor ajuste quando se utilizou intervalos de classe de 6,55 cm, decrescendo a precisão dos modelos à medida que diminuem o intervalo, sendo que o 2,0 cm de amplitude representou melhor a realidade, porém com precisão de ajuste menor.

Segundo os resultados de Orellana et al. (2014), estes indicaram que as funções Weibull 3P e Beta podem ser utilizadas para a *A. angustifolia*, pois não houve diferença

significativa entre a distribuição real e a distribuição estimada. Quanto a utilização da Programação Não Linear (PNL), esse nem sempre melhorou os ajustes.

Analisando as estatísticas de ajuste e precisão, Té et al. (2015) observou que a função Sb de Johnson apresentou melhor desempenho para descrever a distribuição diamétrica. E quando considerada a distribuição diamétrica do fragmento florestal estudado e cada espécie separadamente, a FDP de melhor desempenho foi a função Gamma (Adaptada), seguida da função Ln-Normal, Weibull 3P e Sb de Johnson. Quando considerada a *A. angustifolia* a função de melhor desempenho foi a Gamma (Adaptada).

Na comparação de Machado et al. (2009), o teste de aderência mostrou que a função Weibull 2P não se apresentou como uma boa opção para representar a distribuição diamétrica de Araucária. Essa mesma função, juntamente com a Gamma, apresentaram os piores desempenhos nas estimativas do número de árvores por classe de diâmetro para todos os intervalos adotados. Já para Té et al. (2015), a pior função para *A. angustifolia* foi de Péllico Netto, enquanto para a floresta como um todo foi a função Exponencial, considerando os parâmetros analisados.

#### *Quociente de Liocourt a partir de área fixa com parcelas temporárias*

Para os estudos de Hess (2010), Hess (2012) e Hess et al. (2014), o valor do quociente de Liocourt para a floresta estudada foi de 1,1, 1,33 e 1,3 respectivamente. Como o valor do quociente é influenciado pelas frequências de todas as classes diamétricas e, não apenas das classes menores, as ausências de indivíduos de determinadas classes ou densidade menor nas maiores classes podem explicar o valor próximo a 1,0 de 'q', indicando que esse fragmento sofreu intervenções antrópicas pela sua estrutura não balanceada.

A frequência observada em Hess (2010) e Hess et al. (2014) não apresentou a curva na forma de J-invertido, típica de florestas nativas. Isso pode ter ocorrido, por se tratar de um fragmento que sofreu intervenção com retirada de indivíduos, principalmente nas classes de 42,5 até 47,5 cm, sendo observado pelo maior número de árvores nas classes intermediárias (20-30-35 cm) e, após, na classe de 50 cm. No entanto, a densidade da área mostrou-se baixa, devendo-se ao fato de ter sido intensamente explorada, contudo, sem plano de manejo adequado.

A alternativa de manejo de Liocourt consiste no estabelecimento de um diâmetro máximo para o manejo.

Assim, para a proposta de manejo de Hess (2010), estipulou-se os diâmetros de 35 cm e 40 cm, e o número de árvores a ser removido. Para o diâmetro de 35 cm, este representou em termos de volume 70,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e um total para a área de 5.927,1 m<sup>3</sup>. Para o diâmetro máximo desejado de 40 cm o volume foi de 49,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e um total de 4.179 m<sup>3</sup>. Para esse povoamento, o tempo necessário para a floresta repor o volume retirado é de 23 anos, ou seja, seu ciclo de corte.

Hess (2012), estipulou o manejo para dois diâmetros limites de corte, de 40 cm e de 50 cm, podendo ser removidas árvores dos centros de classe de diâmetro de 10, 15, 40, 45 e 50 cm. No diâmetro máximo de 40 cm, isso representa uma área basal de 2,7 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, totalizando 135 m<sup>2</sup> nos 50 hectares de floresta. Para o diâmetro máximo desejado de 50 cm, isso representa 1,9 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal, totalizando para os 50 ha, 95 m<sup>2</sup> de área basal, conferindo a floresta o conceito de balanceada. Convém ressaltar que teoricamente o cálculo possibilitou a retirada de árvores das classes de 10 cm e 15 cm, contudo, essas não devem ser extraídas, uma vez que servirão para suprir as classes seguintes que estão com déficit de indivíduos.

Desta forma, os resultados de Hess et al (2010), com um período de 10 anos, em uma área de 25 ha, foram: para a Araucária um incremento médio anual de 0,48 cm.ano<sup>-1</sup> e volume de 0,0565 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>; e, juntamente com a floresta, com 363 árvores.ha<sup>-1</sup>, uma área basal de 28,28 m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>. Para Hess (2012), a área basal de 456 Araucárias em 1 ha, foi de 24,64 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

No geral, fragmentos de Floresta Ombrófila Mista submetidos ao corte seletivo podem recuperar suas variáveis estruturais em poucas décadas. No entanto, nota-se que, todos os parâmetros apresentaram baixo incremento, que pode estar relacionado à falta de condução das florestas nativas, de controle da densidade, exploração desordenada e/ou características da fertilidade do solo e bióticas do ambiente (HESS et al., 2010). Seguindo a dinâmica natural da floresta, poucos indivíduos atingem grandes dimensões, isso devido à intensa disputa por luz, água e nutrientes com outras espécies ao longo do seu ciclo de vida (ORELLANA et al., 2014).

Schaaf et al. (2006) afirmaram que se uma espécie tem poucos indivíduos nas classes inferiores, mas pequena probabilidade de morrer devido à competição, é bem provável que tal espécie se mantenha na floresta. A ideia de que uma grande quantidade de indivíduos de uma espécie nas classes inferiores indica que essa espécie vai estar garantida na estrutura futura da floresta nem sempre é verdadeira. A *A. angustifolia* estava longe de apresentar tal distribuição em 1979, contudo não só manteve sua

participação na floresta em 2000, como também a aumentou, indicando que a floresta está em processo de amadurecimento. Já para Liebisch et al. (2016), a *A. angustifolia* vem diminuindo sua participação na floresta, sendo possível inferir que o histórico de uso é um dos responsáveis pela baixa densidade populacional e a baixa área basal no estrato adulto. Assim como Orellana et al. (2014) acreditam que a distribuição irregular da espécie seja explicada por esse mesmo motivo.

Outro fator importante, é a presença impactante do gado por um longo período em as atividades realizadas por pequenos proprietários rurais. Essas ações podem afetar significativamente a comunidade arbórea, uma vez que limita a regeneração natural e o ingresso de novos indivíduos adultos devido ao pisoteio dos animais que destroem sementes e plântulas (VIBRANS et al., 2011).

Ainda, há uma tendência de as folhosas aumentarem sua participação na estrutura da floresta, indicando um menor poder competitivo da Araucária. A pequena regeneração natural que a espécie apresenta em condições normais e a perda de vitalidade dos indivíduos adultos sem a consequente reposição dos estoques, não dão garantia da hegemonia da espécie (MELLO et al., 2003).

Em estudos de Paludo et al. (2009), a *A. angustifolia* apresenta certo grau de agregação espacial nos primeiros estágios de desenvolvimento, podendo considerar uma espécie que se regenera em condições de distúrbios moderados. Os estudos fisiológicos de Franco & Dillenburg (2007) indicaram tolerância a sombreamento nos primeiros estágios de desenvolvimento. Em alguns casos, a população apresentou estrutura diamétrica compatível com uma espécie que se regenera sob floresta desenvolvida, mesmo que de forma pouco expressiva.

No estudo de Dobner Jr. et al. (2019), mostrou que ciclos de 40 anos para a *A. angustifolia* só são possíveis em locais de alta capacidade produtiva, e mesmo assim, desde que sejam dominantes em relação às árvores vizinhas. Ainda, demonstrou que em sítios de melhor qualidade possuem uma maior competição entre indivíduos do que em sítios defasados, sendo necessário o controle da densidade populacional.

Verificou-se por Orellana et al. (2014), que a forma das distribuições diamétricas das espécies são influenciadas pelas suas características ecológicas e, que o intervalo de classe utilizado para agrupar os dados de diâmetro, interfere diretamente na forma da distribuição. Outro fator importante a ser considerado é que uma espécie ao ser submetida a qualquer intervenção, dependendo do regime de manejo, poderá descaracterizar sua estrutura diamétrica e, conseqüentemente, sua distribuição.

É sempre importante lembrar que muitas das árvores/espécies analisadas retratam as mais diferentes condições de crescimento e reportam resultados em florestas sem corte adequado. Assim sendo, as médias encontradas expressam padrões de crescimento em florestas onde, possivelmente, apresentaria incrementos maiores se intervenções de manejo fossem implementadas (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010).

Saber com exatidão o que irá acontecer no futuro dentro de uma floresta nativa é impossível, visto que a dinâmica que nela ocorre é intensa e instável, muito influenciada pelas alterações que ocorrem no ambiente. Contudo, conforme Dalla Lana et al. (2015b), essas condicionantes não impedem que sejam realizadas prognoses do desenvolvimento das florestas, principalmente em relação ao crescimento das árvores e sua distribuição diamétrica.

## CONCLUSÕES

A partir da presente revisão, conclui-se que:

- Os métodos para se obter a distribuição diamétrica de uma floresta podem ser divididos em métodos rápidos e de longa duração;
- Os métodos de longa duração são os mais indicados para a determinação do manejo em uma formação florestal degradada como a FOM;
- Muitos estudos enfocam a permanência da *A. angustifolia* na floresta, principalmente quanto a sua regeneração em uma formação já modificada;
- A legislação proibitiva não é o suficiente para proteger a Araucária e a formação florestal FOM, sendo necessário o estudo de outros meios adicionais, como o manejo sustentável;
- A continuação dos estudos é necessária, por meio das metodologias apresentada ou as várias outras, para que no futuro seja possível a determinação de um ciclo de manejo sustentável que priorize a valorização dessa formação florestal e do bioma como um todo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Florestais por meio da Fundação de Apoio à Pesquisa e inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

## REFERÊNCIAS

CUBAS, R. et al. Incremento, ingresso, mortalidade em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Três Barras – SC.



**Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 889-900, jul.-set., 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/FnT9FBBhQfZLSpdct6YrGyv/?format=html>

DALLA LANA, M. D. et al. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, 22(1):71-78, 2015a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/YhzBjhZWBLfqBdQfBwm6XPv/>

DALLA LANA, M. D. et al. Projeção diamétrica por razão de movimentação em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 151 - 162, jan. / mar. 2015b. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/31091/24820>

DOBNER Jr, M. et al. Effect of site and competition on diameter growth of *Araucaria angustifolia*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 49, n. 4, p. 717 -724, out./dez 2019.

DOBNER Jr, M. Pruning *Araucaria angustifolia* for knot-free timber production. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 52, n. 1, p. 054-063, jan/mar/2022. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/75179/45604>

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, no 1, Jan/Jun, 2003.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/20328>

FRANCO, A. M. S. & DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**. v. 34, n. 2, p. 135 - 144, 2007.

HESS, A. Manejo de *Araucaria angustifolia* pelo quociente de Liocourt em propriedade rural no Município de Painel, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 227-232, abr.-jun., 2012. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/279>

HESS, A. F et al. Manejo de Floresta Ombrófila Mista pelo método de Liocourt, Município de Painel, SC. **CERNE**, v. 20 n. 4, p. 575-580, 2014.

HESS, A. F. et al. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 337-345, nov/dez, 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/143>

LIEBSCH, D. et al. Influência de impactos antrópicos em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 36, n. 87, p. 277-287, jul./set. 2016. Disponível em:

<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1213>

LONGHI, R. V. et al. Projeção da distribuição diamétrica em floresta com Araucária explorada seletivamente no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 12, núm. 2, pp. 210-219, 2017.

MACHADO, S. A. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, vol. 10, núm. 2, pp. 103-110, março-abril, 2009.

MELLO, A. A. et al. Projeção diamétrica e volumétrica da Araucária e espécies associadas no sul do Paraná, usando matriz de transição. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.4, p. 55-66, out./dez. 2003.

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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/tjGLCCTsZX9c5N4KBtYcmfw/abstract/?lang=pt&format=html>

PALUDO, G. F. et al. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na Reserva Genética Florestal de Caçador, Estado De Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1109-1121, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/rFzCRL9fXZgYJ963dvXmtbH/abstract/?lang=pt>

SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.283-295, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/xRJZmRiPgvGCTWRc7pfQ6w/abstract/?lang=pt>

SEVEGNANI, L. et al. Considerações finais sobre a Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In: Vibrans, A.C.; Sevegnani, L.; Gasper, A.L. de; Lingner, D.V. (eds.). **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**, Vol. III, Floresta Ombrófila Mista. Blumenau. Edifurb. 2013.

STEPKA, T. F. et al. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 327-335, nov/dez 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/103>

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, abr. / jun. 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34733>

VIBRANS, A. C. et al. Structure of Mixed Ombrophylous Forests with *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) under external stress in Southern Brazil. **Revista de Biologia Tropical**. v. 59, n. 3, p. 1371 - 1387, set. 2011.