

Prognose da Estrutura Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista

Mayara Dalla Lana¹, Sylvio Péllico Netto², Ana Paula Dalla Corte²,
Carlos Roberto Sanquetta², Angelo Augusto Ebling²

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife/PE, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus III, Curitiba/PR, Brasil

RESUMO

Neste estudo, o objetivo foi testar a acuracidade das projeções diamétricas, empregando-se os modelos de matriz de transição e razão de movimentação em diferentes amplitudes temporais e intervalos de classe diamétrica, para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo, Paraná. Os dados utilizados são provenientes de um inventário contínuo que ocorre desde 1995 em uma área amostral de 3,5 ha. Os dados entre os anos de 2000 e 2005 foram divididos em classes de 5 cm e 10 cm, e agrupados em quatro amplitudes de amostragem temporal, realizando as projeções, respectivamente, para os anos de 2004, 2006, 2008 e 2010. A eficiência das projeções foi verificada por meio dos Testes de Friedman e de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados indicaram que os dois modelos testados estimam de forma confiável o número de árvores desse fragmento de floresta apenas para uma amplitude temporal de dois anos.

Palavras-chave: floresta com araucária, matriz de transição, razão de movimentação.

Prognosis of Diameter Structure in a Mixed Ombrophyilous Forest

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the accuracy of diameter projections, using the transition matrix and movement ratio models in different temporal amplitudes and diameter class intervals, for a Mixed Ombrophyilous Forest fragment located in the municipality of São João do Triunfo, Paraná state. The data were collected from a continuous inventory that has been carried out in a 3.5 ha sampling area since 1995. The data collected between 2000 and 2005 were divided into classes of 5 cm and 10 cm and grouped into four temporal sampling amplitudes, with projections conducted for 2004, 2006, 2008 and 2010, respectively. Efficiency of projection values was verified based on the Friedman and Kolmogorov-Smirnov test. The results indicate that the two tested models reliably estimate the number of trees of this forest fragment only for the temporal amplitude of 2 years.

Keywords: araucaria forest, transition matrix, movement ratio.

1. INTRODUÇÃO

Entre os estudos para o gerenciamento das florestas nativas brasileiras, uma importante informação a ser obtida é o conhecimento de como o número de árvores por classe de diâmetro evolui ao longo do tempo (Scolforo, 1998). Este conhecimento resulta em respostas importantes para o manejo florestal. Assim, volume, área basal e ciclo de corte da floresta podem ser convenientemente calculados por meio dessa informação. O crescimento desses parâmetros pode ser estimado pela mudança na frequência de indivíduos, resultante da mudança no número de árvores de uma classe de diâmetro para outra e, também, por meio da mortalidade e do recrutamento (Sanquetta et al., 1996). Essas respostas podem ser conseguidas por meio da matriz de transição e da razão de movimentação. Assim, a partir dos diâmetros futuros, podem-se estimar as produções e definir as intervenções no povoamento que assegurem a sustentabilidade econômica e ecológica das florestas (Sanquetta et al., 1995).

A matriz de transição é um processo estocástico e assume que uma árvore, em uma determinada classe de diâmetro, tem a probabilidade de mover-se para outra classe, dependendo apenas do seu estado atual. Durante um período de tempo, a árvore deverá permanecer em uma determinada classe, crescer para outra ou morrer (Vanclay, 1995). Já o modelo da razão de movimentação é definido como a proporção de árvores que avançaram no lado direito das classes de diâmetro. Essa metodologia utiliza o incremento diamétrico médio e assume que a distribuição dos diâmetros é uniforme dentro dessas classes (Husch et al., 1972; Scolforo, 1998).

Como a maioria dos métodos de prognose, aqueles também apresentam algumas limitações quanto ao seu uso, principalmente pelo fato de aceitarem projeções somente de anos múltiplos aos dos períodos empregados, além de as probabilidades de transição entre dois estados específicos permanecerem constantes no tempo e a projeção da estrutura da floresta depender somente do estado atual, sendo independente dos efeitos do desenvolvimento passado da floresta (Sanquetta et al., 1995; Schneider & Finger, 2000).

Mesmo com algumas limitações, na maioria dos estudos realizados no Brasil, utilizando-se metodologias de prognose da estrutura diamétrica em

florestas nativas por meio da matriz de transição e da razão de movimentação, observou-se boa acuracidade entre as predições e os valores reais das florestas, dando maior credibilidade a esses modelos e sugerindo que sejam usados para prever a produção futura com erros admissíveis (Pulz et al., 1999; Austregésilo et al., 2004; Teixeira et al., 2007; Vasconcelos et al., 2009; Stepka et al., 2010; Ebling et al. 2012).

O pressuposto básico da modelagem está na previsão do rendimento de madeira nas florestas nativas. Não existe uma única abordagem ideal para modelar essas florestas, pois o modelo ideal dependerá dos recursos e das aplicações. Assim, é importante sempre rever os métodos para se ter várias alternativas e ilustrá-los, para analisar os pontos fortes e fracos (Vanclay, 1995).

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e selecionar o melhor modelo para as projeções diamétricas, empregando matriz de transição e razão de movimentação em diferentes amplitudes temporais e intervalos de classe diamétrica para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, no município de São João do Triunfo, Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Os dados utilizados são provenientes de um inventário contínuo, que ocorreu desde 1995 até 2011, de três parcelas permanentes de 1 ha cada e de uma parcela de 0,5 ha, totalizando uma área amostral de 3,5 ha na Estação Experimental Rudi Arno Seitz, no município de São João do Triunfo, no Estado do Paraná. Estas são as coordenadas geográficas: latitude Sul de 25° 34' 18" e longitude Oeste de 50° 05' 56" (Pizzato, 1999). A vegetação dessa área é do tipo Ombrófila Mista.

Todos os indivíduos arbóreos ocorrentes na área amostral, com diâmetro à altura do peito igual ou maior a 10 cm ($DAP \geq 10$ cm), foram identificados botanicamente e medidos anualmente, sendo ainda inseridas no banco de dados as árvores recrutadas e também aquelas mortas e caídas, totalizando 16 anos de monitoramentos anuais.

2.2. Projeções diamétricas

A matriz de transição foi realizada com base na probabilidade de transição de cada período

de projeção, obtida pela matriz G (Expressão 1) (Buongiorno & Michie, 1980):

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ \vdots \\ i_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Em que:

G = matriz de probabilidade de transição;

i_n = i -ésima classe de diâmetro;

a_p , b_i e c_i = probabilidades de uma árvore viva permanecer na mesma classe diamétrica, mudar uma classe diamétrica e mudar duas classes diamétricas, respectivamente;

m_i = probabilidade de as árvores morrerem no período analisado.

Logo, a projeção da estrutura da floresta para um período de tempo foi obtida pela Expressão 2 e, para dois ou mais períodos, utilizou-se a Expressão 3 (Buongiorno & Michie, 1980):

$$Y_{t+\Delta t} = G * Y_{it} + I_{it} \quad (2)$$

$$Y_{n,\Delta t} = G^n . Y_{it} + G * I_{it} + I_{it+1} \quad (3)$$

Em que:

$Y_{t+\Delta t}$ = número de árvores projetadas;

G = probabilidade de transição por classe diamétrica;

Y_{it} frequência da classe de diâmetro;

I_{it} = ingresso;

n = número de períodos de prognose;

$Y_{t+\Delta t}$ = número de árvores projetadas no período n .

A prognose pela razão de movimentação foi obtida pela proporção de árvores que passam de uma classe diamétrica para outra, dada pela Expressão 4 (Husch et al., 1972):

$$m = \frac{\overline{IPD}_j}{\Delta D} * 100 \quad (4)$$

Em que:

m = razão de movimentação;

\overline{IPD}_j = incremento periódico médio em diâmetro da j -ésima classe de diâmetro;

ΔD = intervalo de classe de diâmetro.

Para o teste da acuracidade dos modelos de matriz de transição e da razão de movimentação, foram verificadas as influências das amplitudes temporais, considerando-se apenas os anos entre 2000 e 2005, dentro das medições anuais realizadas entre os anos de 1995 até 2011. Os dados registrados nesse intervalo de cinco anos (2000-2005) foram agrupados em quatro amplitudes de amostragem temporal: a primeira, com dois anos (dados referentes aos anos de 2000-2002); a segunda, com três anos (2000-2003); a terceira, com quatro anos (2000-2004), e a quarta, com cinco anos (2000-2005), realizando as projeções, respectivamente, para os anos de 2004, 2006, 2008 e 2010. Já em nível de amplitude diamétrica, os dados de cada amplitude temporal – já citadas – foram divididos em classes de 5 cm e de 10 cm.

O recrutamento e a mortalidade não foram modelados para a prognose pelos dois métodos, sendo utilizado, para o recrutamento, o número de árvores que não constavam no primeiro ano de avaliação e que atingiram o DAP mínimo de 10 cm durante a amplitude dos anos avaliados. Já para a mortalidade, foi considerado o número de árvores que foram medidas no ano inicial e que tiveram sua morte durante a amplitude dos anos avaliados.

2.3. Avaliação das projeções

Para verificar se existe diferença estatística entre os valores observados e projetados pelos dois métodos, foi utilizado o Teste de Friedman. Esse teste é não paramétrico para dupla classificação e é aplicado em experimentos com blocos completos com mais de dois tratamentos por bloco (Steel & Torrie, 1960).

Para realizar esse teste, foram ordenados os tratamentos dentro dos blocos do menor para o maior valor, obtendo-se a soma das ordenações para cada tratamento; e, por último, foi testada a hipótese de não diferença entre as médias das populações por tratamentos, pela seguinte Expressão 5:

$$\chi_r^2 = \frac{12}{bt(t+1)} \sum_i r_i^2 - 3b(t+1) \quad (5)$$

Em que:

b = número de blocos (classes de diâmetro);

t = número de tratamentos (valores observados, valores estimados pela matriz de transição e valores estimados pela razão de movimentação);

r_i = soma das ordens do i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco.

O valor crítico para o Teste de Friedman é calculado pela tabela do qui-quadrado (χ^2). Se $\chi_r^2 < \chi^2$ ($\alpha = 5\%$), se aceita a hipótese H_0 e os resultados observados e projetados não apresentam diferenças significativas; caso contrário, rejeita-se a hipótese H_0 e os resultados observados e projetados apresentam diferenças significativas (H_1).

Com o objetivo de verificar se os métodos de prognose são eficazes na estimativa por classe de diâmetro em cada amplitude temporal e diamétrica, foi utilizado o Teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Esse teste compara a máxima diferença entre a frequência observada acumulada e a frequência estimada acumulada. Se o ponto de máxima divergência (D_{cal}) for menor que o valor crítico tabelado em um nível de 5% de probabilidade (D_{tab}), se aceita a hipótese de que a distribuição diamétrica prognosticada é aderente à distribuição observada (H_0), caso contrário, rejeita-se H_0 e as distribuições prognosticadas não seguem as distribuições observadas (H_1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de árvores totais observado em 2004, 2006, 2008 e 2010 é de, respectivamente, 755, 775, 789 e 789 árv.ha⁻¹. Como pode ser percebido, o número de árvores total aumenta de maneira crescente até permanecer constante nos dois últimos anos.

Nestes quatro anos, a distribuição dos diâmetros manteve-se de maneira decrescente, ou seja, J-invertido, padrão característico das florestas mistas e inequidâneas, verificando-se que, acima de 60 cm, o número de árvores reduz consideravelmente. O recrutamento é sempre superior à mortalidade, apenas ocorrendo uma diferença na proporção de árvores recruta e mortas, que vai diminuindo com o passar do tempo.

Na Tabela 1, está apresentado o número de árvores estimado pela matriz de transição e pela razão de movimentação para as classes de diâmetro com intervalos de 5 cm cada. No total, foram descritas 17 classes de diâmetro, sendo que a última classe

Tabela 1. Número de árvores observado e estimado, por hectare, para a amplitude de 5 cm de diâmetro, nos anos de 2004, 2006, 2008 e 2010, no fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo, Paraná.

Table 1. Number of observed and estimated trees, per hectare, to amplitude of 5 cm diameter, in the years 2004, 2006, 2008 and 2010, in a Mixed Ombrophilous Forest Fragment in São João do Triunfo-Paraná.

CC ¹	2004			2006			2008			2010		
	OB ²	MT ³	RM ⁴	OB	MT	RM	OB	MT	RM	OB	MT	RM
12,5	344	388	325	356	407	319	362	412	310	357	405	298
17,5	148	144	141	145	148	144	149	159	147	151	162	144
22,5	74	70	70	83	74	72	81	74	72	82	78	73
27,5	45	47	45	47	46	45	51	45	46	53	45	46
32,5	36	35	34	35	34	34	35	36	33	35	36	33
37,5	25	24	25	25	25	25	27	25	25	27	26	25
42,5	22	23	23	21	24	23	21	22	23	21	21	23
47,5	18	17	17	18	17	18	18	18	18	18	18	18
52,5	16	15	15	15	16	15	17	16	15	17	17	15
57,5	8	9	8	9	8	9	9	8	9	8	7	9
62,5	5	5	5	6	5	5	6	5	5	6	6	5
67,5	5	3	3	4	4	3	4	5	3	4	5	4
72,5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
77,5	1	1	1	2	1	2	3	1	2	3	2	2
82,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
87,5	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
> 90	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1
Total	755	788	721	775	817	721	789	834	716	789	835	703

¹CC= centro de classe de diâmetro; ²OB= valores observados; ³MT= valores estimados pela matriz de transição; ⁴RM= valores estimados pela razão de movimentação.

abrangeu todos os indivíduos maiores que 90 cm de DAP.

Os valores projetados pelos dois métodos foram próximos à estrutura real da floresta, no que se refere ao número de árvores total por hectare. No entanto, percebe-se que, pela matriz de transição, há uma superestimativa do número de árvores de maneira crescente em 4,4%, 5,4%, 5,7% e 5,8%, respectivamente, para as amplitudes temporais de dois, três, quatro e cinco anos. O contrário acontece com a razão de movimentação, em que ocorre uma subestimativa crescente de 4,5%, 7,0%, 9,2% e 10,9%, respectivamente, para tais amplitudes.

Ao analisar as projeções para cada classe diamétrica, observa-se que o mesmo padrão encontrado para o número total de árvores ocorreu apenas na primeira classe, na qual há as maiores diferenças entre os valores reais e os estimados.

Pela prognose da razão de movimentação, a menor subestimativa da primeira classe foi na amplitude temporal de dois anos, com 5,5%; no entanto, no ano de 2010, ocorreu a maior diferença com uma subestimativa do número de árvores, de 16,5%, em relação aos valores observados nesses anos. Já nas estimativas pela matriz de transição, a menor superestimativa nessa classe ocorreu na amplitude dois anos, com 12,8%, e a maior, na amplitude de três anos, com 14,3%. Nas demais classes diamétricas, não há um padrão, sendo que, em algumas, o método de matriz

de transição subestima e o de razão de movimentação superestima o número de árvores real.

Para o intervalo de classe diamétrica de 10 cm, foram descritas nove classes, incluindo a com diâmetros superiores a 90 cm. Os resultados das estimativas do número de árvores pelas duas metodologias estão descritos na Tabela 2. Observa-se que, com exceção da estimativa do número de árvores total pela matriz de transição na amplitude temporal de dois anos (2004), as demais prognoses foram iguais às estimadas para intervalo de 5 cm pelos dois métodos. Esse resultado pode ser atribuído ao igual número inicial e final de árvores dentro de cada amplitude temporal, sendo que as diferenças estão apenas nas estimativas das probabilidades por classe de diâmetro.

Padrão igual ao da classe de diâmetro de 5 cm foi encontrado nas classes com intervalos de 10 cm. Houve superestimativa do número de árvores pela matriz de transição e subestimativa pela razão de movimentação em relação ao número total de árvores e da primeira classe diamétrica. Nessa classe, houve superestimativas de 5,1%, 10,4%, 11,1% e 10,6%, respectivamente, para as amplitudes de dois, três, quatro e cinco anos, pela matriz de transição. Já pela razão de movimentação, ocorreu subestimativas de 6,7%, 10%, 13,5% e 16,5%, respectivamente, para as mesmas amplitudes. Nas demais classes, nenhum padrão foi observado.

Tabela 2. Número de árvores observado e estimado, por hectare, para a amplitude de 10 cm de diâmetro, nos anos de 2004, 2006, 2008 e 2010, no fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo, Paraná.

Table 2. Number of observed and estimated trees, per hectare, to amplitude of 10 cm diameter, in the years 2004, 2006, 2008 and 2010, in a Mixed Ombrophilous Forest Fragment in São João do Triunfo-Paraná.

CC ¹	2004			2006			2008			2010		
	OB ²	MT ³	RM ⁴	OB	MT	RM	OB	MT	RM	OB	MT	RM
15	491	516	458	501	553	451	511	568	442	508	562	424
25	120	117	122	130	123	127	132	123	130	135	128	134
35	61	59	60	60	59	61	62	61	60	61	61	61
45	40	40	40	40	40	41	39	41	41	39	40	41
55	25	23	23	25	24	23	25	24	24	25	24	24
65	9	7	9	10	9	9	10	9	9	10	11	9
75	5	6	6	6	5	6	6	5	6	7	5	6
85	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
> 90	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	755	773	721	775	817	721	789	834	716	789	835	703

¹CC= centro de classe de diâmetro; ²OB= valores observados; ³MT= valores estimados pela matriz de transição; ⁴RM= valores estimados pela razão de movimentação.

Diferenças na prognose, principalmente na primeira classe de diâmetro, são comuns, devido a esta ser a classe de maior dinâmica dentro da floresta, ou seja, na qual ocorre o maior recrutamento e a maior mortalidade. Austregésilo et al. (2004) relataram uma subestimativa na primeira classe diamétrica, tanto por razão de movimentação como por matriz de transição, entre o povoamento real e o projetado, em uma Floresta Estacional Secundária em Minas Gerais. Mesmo padrão foi detectado por Stepka et al. (2010) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Paraná. Nenhum desses estudos corrobora totalmente com este, já que aqui houve superestimativa do número de árvores pelo método da matriz de transição e uma subestimativa apenas pela razão de movimentação. A diferença entre cada prognose está mais intimamente ligada à tipologia florestal estudada, ficando cada projeção condicionada ao ritmo de crescimento da floresta e aos fatores ambientais que a influenciam dentro da amplitude temporal avaliada.

Outra característica importante observada nas prognoses, tanto pela matriz de transição como pela razão de movimentação, é a grande probabilidade das árvores permanecerem nas mesmas classes de diâmetro. Essa característica é influenciada pela amplitude temporal, já que, em amplitudes pequenas (dois e três anos), a probabilidade de as árvores permanecerem na mesma classe é superior quando comparada com as maiores amplitudes (quatro e cinco anos). O inverso ocorre quando se observa o intervalo das classes de diâmetro; em intervalos maiores (10 cm), há maiores probabilidades de as árvores ficarem nas mesmas classes, quando comparados aos intervalos menores (5 cm). Esse padrão deve-se, principalmente, ao fato de grande parte das espécies presentes na Floresta Ombrófila

Mista apresentar crescimento lento, perceptíveis somente em longo prazo.

Outro fator importante a ser considerado é que o modelo de matriz de transição apresenta os chamados estados absorventes. Essa característica é definida pela probabilidade de transição entre uma classe e outra ser igual a zero, ou seja, existe a probabilidade de as árvores apenas permanecerem na mesma classe diamétrica e não passarem para as próximas classes (Scolforo, 1998). Dentro das análises efetuadas, esse estado absorvente foi detectado nas quatro amplitudes temporais e nos dois intervalos de classe de diâmetro. Para o intervalo de 5 cm de diâmetro, as classes que apresentaram esses estados foram: 77,5, 82,5, 87,5 e > 90 cm, na amplitude de dois anos; 82,5, 87,5 e > 90 cm, nas amplitudes de três e quatro anos, e 87,5 e > 90 cm, na amplitude de cinco anos. Já para o intervalo de 10 cm, as classes foram de 75, 85 e > 90 cm, para amplitude de dois anos, e de 85 e > 90 cm, para as amplitudes de três, quatro e cinco anos.

Nota-se que esta peculiaridade atinge apenas as árvores de maior diâmetro, provavelmente porque estão em estágio de maturação, em que o crescimento está lento e diminuindo, naturalmente. A ocorrência desses estados compromete as prognoses das frequências, já que impede de se detectar o estado de equilíbrio da floresta.

A análise do Teste de Friedman indicou igualdade entre os valores observados e os estimados pelos métodos da matriz de transição e da razão de movimentação para todas as amplitudes temporais e para os dois intervalos de classe de diâmetro, não havendo diferenças significativas a 5% de probabilidade. Ambos os métodos aproximaram-se em resultados aos observados na floresta, o que significa que foram eficazes quanto à estimativa dessa variável (Tabela 3).

Tabela 3. Valores calculados e tabelados do Teste de Friedman para os intervalos de 5 cm e 10 cm entre os anos avaliados, no fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo, Paraná.

Table 3. Calculated and tabulated values of the Friedman test for intervals of 5 cm and 10 cm between the years evaluated, in a Mixed Ombrophilous Forest Fragment in São João do Triunfo-Paraná.

	2004	2006	2008	2010
$\chi^2_{\text{calculado}}$ (5 cm)	3,26 ^{ns}	3,64 ^{ns}	2,47 ^{ns}	5,06 ^{ns}
$\chi^2_{\text{calculado}}$ (10 cm)	1,56 ^{ns}	1,72 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,50 ^{ns}
$\chi^2_{(0,05;2)}$	5,99	5,99	5,99	5,99

ns = não significativo.

Verifica-se, na Tabela 4, que, por meio do Teste de Aderência de Kolmogorov-Smirnov, apenas três distribuições diamétricas projetadas são aderentes às distribuições observadas e adequadas para as prognoses, contradizendo o Teste de Friedman. Nas estimativas pela matriz de transição, a aderência ocorreu na amplitude de dois anos, com um intervalo de 10 cm de diâmetro. Já na razão de movimentação, também ocorreu na amplitude de dois anos, mas nos dois intervalos de diâmetro, 5 e 10 cm. Observa-se que, pelo Teste K-S e pelos baixos percentuais de subestimativas e superestimativas, a melhor amplitude temporal para a prognose de distribuição diamétrica nesse fragmento de Floresta Ombrófila Mista é a de dois anos.

Em todas as distribuições projetadas, observou-se que o ponto de maior divergência entre a frequência observada e a estimada, apontado pelo Teste K-S, foi sempre na primeira classe diamétrica, fato esse influenciado pela grande dinâmica que ocorre dentro dessa classe, não sendo, provavelmente, bem absorvida pelos dois métodos de prognose utilizados. Segundo Austregésilo et al. (2004), a não modelagem do recrutamento e da mortalidade para os anos nos quais se deseja fazer a prognose pode ser um fator limitante, indicando que a projeção da estrutura da floresta só será realmente eficiente em todas as classes diamétricas se a modelagem do recrutamento e da mortalidade for conseguida.

O método da Matriz de Transição, com intervalo de 10 cm, resultou em maior proximidade do número de árvores observado; portanto, este pode ser considerado mais preciso do que o método de Razão de Movimentação. Mas é importante destacar que as prognoses pela Matriz de Transição apresentam influência de estados absorventes, principalmente nas

últimas classes de diâmetro, o que não torna o método inválido, mas restringe o seu uso. Já as estimativas pela Razão de Movimentação apresentaram menor proximidade com os valores observados, mas ainda dentro do percentual de erro permitido pelo Teste K-S. Note-se que, neste método, as duas classes de diâmetro estudadas (5 e 10 cm) foram aderentes aos valores observados, diferentemente da matriz de transição, que apresentou apenas uma das classes com aderência (10 cm).

Pelos resultados, pode-se sugerir que ambos os modelos, Matriz de Transição e Razão de Movimentação, para o intervalo temporal de dois anos, estimam de forma confiável o número de árvores desse fragmento de floresta. No entanto, deve-se observar a amplitude diamétrica que cada modelo teve de aderência e, conseqüentemente, restringir seu uso. Cabe ao pesquisador definir o intervalo de diâmetro adequado, tomando como base o porte das árvores do remanescente de Floresta Ombrófila Mista que está sendo analisado. Se o remanescente apresentar indivíduos de pequeno porte, sugere-se a utilização de intervalos de classe pequenos (5 cm) e, conseqüentemente, o modelo de Razão de Movimentação; já, se o porte for grande, o que ocorre na maioria das florestas inequidâneas, sugerem-se intervalos de 10 cm, havendo a opção pelos dois modelos. Esses resultados não corroboram com os encontrados por Ebling et al. (2012), que descrevem como melhor modelo o da razão de movimentação, com intervalo de classe de 5 cm e amplitude temporal de quatro anos, gerando melhores estimativas totais, e também para frequências de classes em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul.

Tabela 4. Valores calculados e tabelados do Teste de Kolmogorov-Smirnov para a distribuição de diâmetros, no fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo, Paraná.

Table 4. Calculated and tabulated values of the Kolmogorov-Smirnov test for the diameter distribution, in a Mixed Ombrophilous Forest Fragment, in São João do Triunfo-Parana.

	2004		2006		2008		2010	
	MT ¹	RM ²	MT	RM	MT	RM	MT	RM
D _{cal} (5 cm)	0,0574	0,0457	0,0698	0,0704	0,0773	0,0918	0,0757	0,1085
D _{cal} (10 cm)	0,0329	0,0459	0,0664	0,0706	0,0725	0,0919	0,0690	0,1092
D _{tabelado}	0,0491	0,0491	0,0485	0,0485	0,0481	0,0481	0,0481	0,0481

¹MT = matriz de transição; ²RM = razão de movimentação.

4. CONCLUSÃO

Os dois modelos testados estimam de forma confiável o número de árvores desse fragmento de floresta apenas para uma amplitude temporal de dois anos. Os intervalos de classe devem ser de 10 cm para Matriz de Transição e de 5 ou 10 cm para Razão de Movimentação. Essa metodologia é de fácil aplicação e mostrou-se eficiente e acurada para a prognose nesse fragmento de Floresta Ombrófila Mista, no município de São João do Triunfo, Paraná.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 7 jan., 2014

Aceito: 10 set., 2014

Publicado: 10 mar., 2015

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Mayara Dalla Lana

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil
e-mail: mayaradallalana@hotmail.com

REFERÊNCIAS

- Austregésilo SL, Ferreira RLC, Silva JAA, Souza AL, Meunier IMJ, Santos ES. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. *Revista Árvore* 2004; 28(2): 227-232. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000200009>.
- Buongiorno J, Michie BRA. A matrix model of uneven-aged forest management. *Forest Science* 1980; 26(4): 609-625.
- Ebling AA, Watzlawick LF, Rodrigues AL, Longhi SJ, Longhi RV, Abrão SF. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Rural* 2012; 42(6): 1020-1026. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000600011>.
- Husch B, Miller CI, Beers TW. *Forest mensuration*. 2. ed. New York: The Ronald Press Com.; 1972.
- Pizatto W. *Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998* [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1999.
- Pulz FA, Scolforo JR, Oliveira AD, Mello JM, Oliveira Filho AT. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. *Revista Cerne* 1999; 5(1): 1-14.
- Sanquetta CR, Angelo H, Brena DA, Mendes JB. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta com matriz Markoviana de Potência. *Revista Floresta* 1995; 24(1-2): 23-36.
- Sanquetta CR, Brena DR, Angelo H, Mendes JB. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. *Ciência Florestal* 1996; 6(1): 65-78.
- Schneider PR, Finger CAG. *Manejo sustentado de florestas inequianas heterogêneas*. Santa Maria: Facos/UFSM; 2000.
- Scolforo JRS. *Manejo florestal*. Lavras: FAEPE/UFLA; 1998.
- Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics: with special reference to the biological science*. New York: McGraw-Hill Book Company; 1960.
- Stepka TF, Dias NA, Figueiredo Filho A, Machado AS, Sawczuk AR. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2010; 30(64): 327-335. <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.64.327>.
- Teixeira LM, Chambers JQ, Silva AR, Lima AJN, Carneiro VMC, Santos J et al. Projeção da dinâmica da floresta natural de terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. *Acta Amazonica* 2007; 37(3): 377-384. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000300009>.
- Vanclay JK. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. *Forest Science* 1995; 41(1): 7-42.
- Vasconcelos SS, Higuchi N, Oliveira MVN. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica* 2009; 39(1): 71-80. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000100007>.