

REGIMES DE MANEJO PARA UM POVOAMENTO DE MOGNO-AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev)

Iandra Aléxia Rodrigues Silva¹, Gabriela Fedrizzi², Adriana Leandra de Assis³,
Christian Dias Cabacinha³

¹Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Minas Gerais.

²Mestranda em Ciências Florestais na Universidade Federal de Minas Gerais.

³Professor Associado a Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: christian.cabacinha@gmail.com

Recebido em: 15/05/2023 – Aprovado em: 15/06/2023 – Publicado em: 30/06/2023
DOI: 10.18677/EnciBio_2023B24

RESUMO

O crescimento da demanda por produtos originados de plantios florestais, ocorre de forma qualitativa e quantitativa, sendo fundamental a realização de estudos econômicos para analisar a viabilidade de projetos florestais. Estes estudos estão diretamente relacionados aos manejos silviculturais aplicados em povoamentos florestais, destacando as práticas de corte, devido aos seus altos custos de execução. Este trabalho propõe a avaliação econômica de diferentes intensidades de desbastes em um povoamento de mogno-africano (*Khaya ivorensis*) (Meliaceae), localizado na região central de Minas Gerais/MG. Inicialmente, foi realizada a modelagem de crescimento e produção, para a determinação dos sítios produtivos deste povoamento e considerando os valores de incrementos correntes mensais e incrementos médios mensais, foi determinada a Idade Técnica de Colheita (ITC) para cada sítio produtivo. Com estes dados, foram realizadas simulações com dez (10) cenários de intensidade e momentos de aplicação de desbaste diferentes e considerando valores médios de comercialização da madeira submetidos a taxas de juros de 6, 10 e 14%, objetivando identificar qual regime desta prática silvicultural apresenta maior viabilidade econômica. Ao final do estudo, se conclui que todos os cenários apresentaram viabilidade para as taxas de juros de 6% e de 10%, destacando, o regime com corte final aos 20 anos sem a realização de desbaste. Para a taxa de juros de 14%, o tratamento mais viável é com o regime de desbaste de 20% aos 9 anos e corte final aos 15 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Intensidade de desbaste, regime de desbaste, modelagem de crescimento e mogno africano.

MANAGEMENT REGIMES FOR A STAND OF AFRICAN MAHOGANY (*Khaya ivorensis* A. Chev)

ABSTRACT

The growth in demand for products originating from forest plantations occurs both qualitatively and quantitatively, and it is fundamental to carry out economic studies to analyze the viability of forestry projects. These studies are directly related to silvicultural management applied in forest stands, highlighting cutting practices, due to their high execution costs. This work proposes the economic evaluation of different thinning intensities in a stand of African mahogany (*Khaya ivorensis*) (Meliaceae),

located in the central region of Minas Gerais/MG. Initially, growth and production modeling was carried out to determine the productive sites of this stand and considering the values of current monthly increments and average monthly increments, the Technical Harvest Age was determined for each productive site. With these data, simulations were carried out with ten (10) intensity scenarios and different thinning application moments and considering average values of wood commercialization submitted to interest rates of 6, 10 and 14%, aiming to identify which regime of this silvicultural practice presents greater economic viability. At the end of the study, it is concluded that all scenarios were viable for interest rates of 6% and 10%, highlighting the regime with final cut at 20 years without thinning. For the 14% rate, the most viable treatment is with the 20% thinning regime at 9 years and the final cut at 15 years.

KEYWORDS: Thinning intensity, thinning regime, growth modeling and african mahogany.

INTRODUÇÃO

Em plantios florestais comerciais, é necessário a realização de estimativas de crescimento e produção do povoamento, as quais são realizadas a partir de diferentes modelos matemáticos (FERRAZ *et al.*, 2021). Os modelos de crescimento em nível de povoamento são utilizados em grande escala para prever a produtividade de plantios florestais ao longo do tempo. A aplicação destes modelos fornece a Idade Técnica de Colheita (ITC), possibilitando que os manejos de corte realizados sejam executados no momento de maior produtividade destas áreas (GUERA *et al.*, 2019).

Na prática, o manejo de desbaste, no interior de povoamentos florestais, é o mais aplicado, pois além de permitir retorno econômico com a comercialização da madeira dos indivíduos retirados, beneficia o incremento médio anual (IMA) dos indivíduos remanescentes, uma vez que aumenta a disponibilidade de recursos, principalmente a radiação solar (RUSSELL *et al.*, 2018). É uma prática silvicultural que permite concentrar o potencial de crescimento nas árvores remanescentes, intensificando a produção de madeira e o retorno econômico (WANG *et al.*, 2011).

Por ser um manejo que envolve elevados custos econômicos, antes de aplicá-lo é necessário determinar qual será o nível de desbaste realizado em cada povoamento e em qual momento ele deve ocorrer. Isto possibilita um maior retorno econômico, justificando a aplicação deste manejo (MEDERSKI, 2006). Assim, para se determinar qual o nível de desbaste que um povoamento deve receber, é indicado que se realize uma análise econômica englobando todos os custos envolvidos na realização deste manejo, pois isto permite que se extraia o maior potencial produtivo de um povoamento e evita que o produtor tenha gastos desnecessários (HALBRITTER, 2020).

As informações sobre o manejo de desbaste é vasta para as espécies que possuem seu cultivo já consolidado no Brasil, como as espécies pertencentes aos gêneros *Eucalyptus spp* e *Pinus spp*, sendo escassas para demais espécies introduzidas nos últimos anos no mercado madeireiro nacional, como o mogno-africano (RIBEIRO *et al.*, 2018). Diante disto, se torna necessário a busca por informações que possibilitem o emprego apropriado desta prática silvicultural em povoamentos desta espécie, que está se expandindo pelo país.

Para elaboração deste estudo, foi utilizada a *Khaya ivorensis* A. Chev., espécie mais cultivada devido ao seu rápido crescimento, fuste retilíneo e resistência a *Hypsiphyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), principal praga das meliáceas no

país (OFORI *et al.*, 2007). Por mais que, quando comparada às espécies *K. grandifoliola* e *K. senegalensis*, a espécie *K. ivorensis* apresenta menor escala de produção no Brasil, há uma preferência do mercado madeireiro por esta espécie (FERRAZ *et al.*, 2021), justificando a sua escolha.

Neste contexto, o presente estudo teve por finalidade realizar simulações de diferentes cenários de desbaste e avaliar economicamente esses cenários para recomendação do melhor regime de manejo para um povoamento de mogno africano.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Retiro Novo, em Corinto, Minas Gerais, Brasil. A fazenda possui 176,97 ha com plantios de *Khaya* spp., distribuídos em 10 talhões com áreas, idades e espaçamentos distintos entre si, uma síntese das informações dos talhões está apresentada na Tabela 1 para os dois inventários realizados no povoamento nos anos de 2018 e 2019. A região do plantio tem clima tropical Aw (Köppen e Geiger) com inverno seco. A temperatura média anual é de 25°C e a precipitação média anual oscila entre 800mm a 1.200mm.

TABELA 1. Síntese das informações dos inventários florestais dos anos de 2018 e 2019.

Ano - 2018							
Talhão	Área talhão (ha)	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Nº de árvores	Altura Total média (m) (HT)	Altura média dominantes (m) (Hd)	Diâmetro médio (cm) (DAP)
1	5,5	7,83	5,0 x 4,0	83	13,48	14,53	15,99
2	11,25	7,83	4,5 x 5,0	82	15,42	17,34	18,39
3	32,04	7,42	6,5 x 4,0	288	12,98	13,97	14,86
4	13,86	7,33	5,0 x 4,5	81	12,22	13,71	13,82
5	19,22	7,33	5,0 x 4,0	169	14,98	13,07	16,47
6	30,72	7,25	6,0 x 4,0	301	13,90	15,43	16,30
7	17,82	7,17	5,0 x 4,0	185	14,95	15,76	15,91
8	3,22	7,17	5,0 x 4,0	44	12,61	14,00	16,19
9	38,53	7,08	5,5 x 4,5	364	13,51	13,75	15,45
10	0,76	3,33	5,0 x 4,0	45	5,71	7,91	7,59

Ano - 2019							
Talhão	Área talhão (ha)	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Nº de árvores	Altura Total média (m) (HT)	Altura média dominantes (m) (Hd)	Diâmetro médio (cm) (DAP)
1	5,5	8,83	5,0 x 4,0	83	14,30	15,00	18,00
2	11,25	8,83	4,5 x 5,0	81	16,64	18,20	20,18
3	32,04	8,42	6,5 x 4,0	286	13,85	14,75	16,89
4	13,86	8,33	5,0 x 4,5	81	13,05	14,30	15,79
5	19,22	8,33	5,0 x 4,0	169	15,84	16,73	18,39
6	30,72	8,25	6,0 x 4,0	300	15,15	16,70	18,65
7	17,82	8,17	5,0 x 4,0	184	15,56	16,33	17,93
8	3,22	8,17	5,0 x 4,0	43	13,74	15,00	18,35
9	38,53	8,08	5,5 x 4,5	364	14,34	15,02	17,31
10	0,76	4,33	5,0 x 4,0	45	11,40	10,62	11,07

Os dados utilizados foram extraídos de 38 parcelas fixas e circulares de 1018 m², distribuídas sistematicamente na área. Foram realizadas duas avaliações *in loco* (uma em 2018 e outra em 2019). Os seguintes dados de campo foram mensurados através das seguintes avaliações: DAP (diâmetro a 1,3 m do solo de todos os indivíduos das parcelas); Hd (altura dos indivíduos dominantes) e HT (altura total). A cubagem rigorosa em pé, usando o Critério RD1000, das árvores das duas fileiras centrais de cada parcela foi feita pelo método de Smalian, onde foram obtidos os diâmetros nas alturas de 0,3 m, 0,7 m, 1,3 m e 2 m. O espaçamento entre as seções foram de 1m até um diâmetro mínimo de 6cm em alturas maiores que 2m.

O método utilizado para determinar a capacidade produtiva local foi o da curva guia. Nós testamos os modelos de regressão propostos por Chapman-Richards (Richards, 1959; Chapman, 1961) [1]; Schumacher (1939) [2] e Bailey & Clutter (1974) [3], onde: altura dominante (Hd), Idade (I), os parâmetros do modelo (β_i) e o erro de estimativa (ϵ).

$$Hd = \beta_0 [1 - e^{-(\beta_1 I)^{\beta_2}}] + \epsilon \quad [1]$$

$$\text{LnHd} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I}\right) + \epsilon \quad [2]$$

$$\text{LnHd} = \beta_0 + \beta_1 \left[\left(\frac{1}{I}\right)^{\beta_2}\right] + \epsilon \quad [3]$$

A idade inicial estabelecida foi de 96 meses para todos os sítios e a área basal inicial foi estimada com o modelo linear múltiplo [4]. O modelo proposto por Clutter (1963) foi usado para estimar o crescimento e a produção do povoamento nas suas formas simplificadas [5] e [6]. Este modelo expressa a taxa de crescimento da área basal e o volume e função da idade, do índice de sítio e da densidade do povoamento.

$$B_{96} = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 S + \epsilon \quad [4]$$

$$\text{Ln}B_2 = \text{Ln}B_1 \frac{I_1}{I_2} + \alpha_0 \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + \alpha_1 \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) S + \epsilon \quad [5]$$

$$\text{Ln}V_2 = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{I_2} + \beta_2 S + \beta_3 \text{Ln}B_2 + \epsilon \quad [6]$$

Onde,

Ln = Logaritmo neperiano;

V_2 = Volume futuro ($m^3 \cdot ha^{-1}$);

I_1 = Idade atual (meses);

I_2 = Idade futura (meses);

B_1 = Área basal atual ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

B_2 = Área basal futura ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

B_{96} = Área basal aos 96 meses ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

S = Índice de sítio (m);

α_0 = Parâmetros da equação;

α_1 = Parâmetros da equação;

ϵ = Estimativa de erro.

Foram utilizados dez cenários, diferenciados entre si pela intensidade de desbaste realizado, idade do povoamento no momento de desbaste e a idade de colheita de 15 e 20 anos (idades de rotação silvicultural da espécie no Brasil), foram realizados conforme apresentado na Tabela 2. O cenário 1 foi considerado como testemunha, pois o corte final foi realizado na idade pretendida pelos proprietários da fazenda.

TABELA 2. Descrição dos cenários realizados.

Cenários	Descrição
C1	Corte final aos 15 anos
C2	Corte final aos 20 anos
C3	20% de desbaste aos 9 anos e corte final aos 15 anos
C4	35% de desbaste aos 9 anos e corte final aos 15 anos
C5	50% de desbaste aos 9 anos e corte final aos 15 anos
C6	20% de desbaste na ITC e corte final aos 20 anos
C7	35% de desbaste na ITC e corte final aos 20 anos
C8	50% de desbaste na ITC e corte final aos 20 anos
C9	20% de desbaste aos 9 anos, 35% aos 15 anos e corte final aos 20 anos
C10	35% de desbaste aos 9 anos, 50% aos 15 anos e corte final aos 20 anos

Para a determinação dos preços de madeira para os cenários (Tabela 3) e custos para o plantio e para manutenção (Tabela 4), tomou-se como base o trabalho de Ribeiro et al. (2018), com preços médios para a madeira adaptados para os cenários de manejo descritos nas Tabela 2.

TABELA 3. Médias de preço de madeira.

Cenário	Preços médios da madeira (R\$)
9 anos	655,41
15 anos sem desbaste	863,71
15 anos com 1 desbaste	1.636,82
20 anos sem desbaste	2.014,44
20 anos com 1 desbaste	2.068,99
20 anos com 2 desbastes	2.332,76

Fonte: Ribeiro *et al.* (2018) (Adaptada)

TABELA 4. Custos gerais para plantio e manutenção de 1 hectare de *K. ivorensis*, considerando até 20 anos para a rotação silvicultural.

Atividade	Ano	Custo (R\$)
Implantação	0	2.348,00
Mudas	0	1.699,00
Adubação	0, 2, 4, 6, 10, 14, 18	2.634,00
Limpeza geral	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18	880,00
Manutenção geral	1 a 10	678,00
Manutenção geral	11 a 20	512,50

Fonte: Ribeiro *et al.* (2018) (Adaptada)

Para os custos gerais do plantio de *K. ivorensis* foram considerados os seguintes custos: implantação, mudas, adubação e limpeza geral. Considerou-se um custo para o desbaste e corte final, fixado em R\$ 55,00 por metro cúbico de madeira. Esses custos foram acrescidos do valor da terra multiplicado pela taxa de desconto considerada em cada cenário do manejo, conforme Alves et al. (2015). Para o valor da terra foi feita uma análise de mercado sobre o custo das terras no município onde está instalado o plantio, determinando um valor de R\$6.000,00 por hectare.

Na análise econômica foi obtido o VPL infinito, a fim de comparar qual cenário é mais rentável. Para avaliar a sensibilidade dos cenários de manejo variou-se a taxa de desconto em 6%, 10% e 14% ao ano.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} \quad [7]$$

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad [8]$$

Onde,
 R_j = Receita no final do ano;
 C_j = Custo no final do ano;
 i = Taxa de desconto;
 n = Duração do projeto (anos).

Os modelos de regressão utilizados neste estudo, foram avaliados com as medidas estatísticas [9], [10], [11] e [12]. A aplicação destas equações permite verificar a precisão dos resultados obtidos.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}{n}} \quad [9]$$

$$RMSE\% = \frac{RMSE}{\hat{x}} * 100 \quad [10]$$

$$Viés = \frac{\sum (x_i - \hat{x})}{n} \quad [11]$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})(y_i - \hat{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2][\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2]}} \quad [12]$$

Onde,
 RMSE = Raiz quadrada do erro médio absoluto;
 r = Correlação de Pearson;
 x_i = Valores observados;
 \hat{x} = Valores estimados;
 \hat{x} = Média dos valores observados;
 y_i = Valores observados;
 \hat{y} = Valores estimados;
 n = Número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo que melhor se ajustou a base de dados para a classificação de sítios foi o de Chapman-Richards. Se constatou que os valores de correlação foram muito próximos entre os modelos. Apesar da correlação ter apresentado valor inferior ao modelo de Schumacher, o viés foi mais próximo de zero, por isso a sua escolha (Tabela 5). Constatou-se que os valores de correlação foram medianos e muito próximos entre os modelos. Esse resultado está associado ao fato de que os modelos utilizados relacionam a altura das árvores dominantes (Hd) com a idade (I) e no povoamento em estudo, verifica-se poucas diferenças de idade entre os talhões. A diferença são meses, o que enfraquece as relações altura dominante e idade (Hd-I).

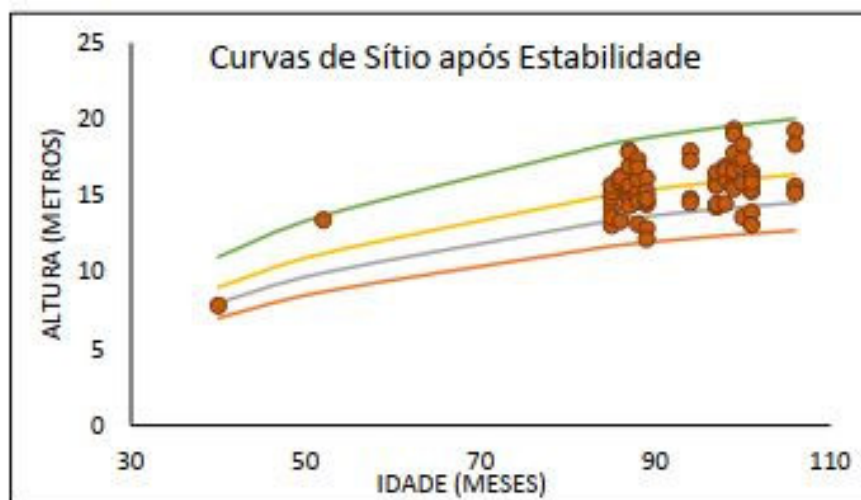
TABELA 5. Parâmetros e estatísticas dos ajustes para a classificação da capacidade produtiva.

Modelo	Parâmetro				RMSE (%)	Viés
Chapman-Richards	-	18,3865	-0,0253	1,5651	9,29	-0,0008
Schumacher	3,1873	-40,6701	-		9,29	0,0661
Bailey & Clutter	2,7391	-0,0290	4,1662		11,34	0,1124

Com o modelo de Chapman-Richards escolhido, foi possível pelo método da curva-guia, encontrar quatro classes de sítio distintos, com os seguintes índices de sítio, 15, 17, 19 e 21.

Ao fazer a estabilidade para cada talhão, finalizou-se a classificação com três sítios com os seguintes índices: 15, 17 e 20 m (Figura 1). A partir da classificação foram obtidos os sítios I, II, III, VI, porém alguns talhões apresentaram parcelas em sítios distintos. Dessa forma, foi necessário realizar a estabilidade para que cada talhão fosse classificado em um único sítio, aumentando a amplitude entre os limites 18 a 20 e 20 a 22 m, para 18 a 22, mantendo-se os sítios II, III e IV. Ainda, a partir da determinação dos sítios, foi realizado a modelagem de crescimento e produção para cada talhão.

FIGURA 1. Curvas de sítio obtidas após a classificação da capacidade produtiva.



Fonte: Autores (2023).

Para realizar a prognose da produção para os diferentes sítios, utilizou-se as equações ajustadas aos modelos [4], [5] e [6]. As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam os parâmetros e estatísticas de ajuste de cada equação.

TABELA 6. Estatística do modelo de Clutter para a área basal inicial.

Parâmetros			RMSE (%)	Viés	r
β_0	β_1	β_2			
-8,8571*	0,1119*	0,47541*	14,38	-3.09x 10 ⁻¹⁴	0,6370

*significativo para $\alpha = 0,05$.

TABELA 7. Estatística do modelo de Clutter para área basal.

Parâmetros		RMSE (%)	Viés	r
β_1	β_2			
3,6441*	0,0274	3,5399	0,0116	0,98194

*significativo para $\alpha = 0,05$.

TABELA 8. Estatística do modelo de Clutter para volume.

Parâmetros				RMSE (%)	Viés	r
β_0	β_1	β_2	β_3			
1,3773*	-8,0274	0,00845	1,1918*	6,1187	0,0252	0,9648

*significativo para $\alpha = 0,05$.

A partir da prognose da produção, foram realizadas as simulações dos diferentes cenários de manejo com e sem desbastes (Tabela 9), em diferentes intensidades de remoção da área basal no povoamento e, em diferentes momentos.

TABELA 9. Produção ($m^3 \cdot ha^{-1}$) para os cenários estudados.

Cenários	Índice de Sítios		
	15	17	20
C1	146,25 (180)*	185,52 (180)	216,84 (180)
	146,25**	185,52	216,84
C2	198,61 (240)	250,12 (240)	289,96 (240)
	198,61	250,12	289,96
C3	9,50 (108)	12,28(108)	14,68(108)
	124,68 (180)	158,16 (180)	184,86 (180)
C4	134,18	170,44	199,54
	18,51 (108)	23,93(108)	28,59 (108)
C5	107,48 (180)	136,33 (180)	159,36 (180)
	125,98	160,26	187,95
C6	28,31 (108)	36,61(108)	43,74 (108)
	89,09 (180)	113,01 (180)	132,10 (180)
C7	117,40	149,62	175,84
	9,50 (108)	12,28 (108)	14,68 (108)
C8	176,21 (240)	221,91 (240)	257,56 (240)
	185,71	234,19	272,24
C9	18,51 (108)	23,93 (108)	28,59 (108)
	157,64 (240)	198,52 (240)	230,15 (240)
C10	176,15	222,45	258,74
	28,31 (108)	36,61 (108)	43,74 (108)
C11	136,95 (240)	172,47 (240)	199,94 (240)
	165,26	209,08	243,68
C12	9,5(108)	12,28 (108)	14,68 (108)
	35,68 (180)	45,26 (180)	52,90 (180)
C13	119,90 (240)	150,99 (240)	175,04 (240)
	165,08	208,53	242,62
C14	18,51(108)	23,93 (108)	28,59 (108)
	47,05 (180)	59,68 (180)	68,78 (180)
C15	84,84 (240)	106,84 (240)	123,86 (240)
	150,40	190,45	222,21

*Valores entre os parênteses indicam a idade da colheita, em meses; ** Valores em negrito indicam o volume total de cada cenários em cada sítio.

Após a prognose realizou-se a análise econômica para os diferentes cenários de desbastes em cada sítio de produção estudado. Aplicando taxas de juros de 6%, 10% e 14%, todos os cenários apresentaram viabilidade econômica, exceto o cenário 1, com corte final aos 15 anos, no sítio 15 para a taxa de 14%. As Tabelas

10, 11 e 12 apresentam os VPL infinito para as diferentes taxas de juros e sítios florestais.

TABELA 10. Valor presente líquido (R\$) para os 10 cenários, nas diferentes taxas de juros para o sítio 15.

Cenário	VPL ∞ à 14%	VPL ∞ à 10%	VPL ∞ à 6%
C1	- R\$ 6.017,25	R\$ 8.405,42	R\$ 46.498,73
C2	R\$ 6.406,03	R\$ 41.740,13	R\$ 143.296,30
C3	R\$ 10.963,56	R\$ 39.145,89	R\$ 112.223,45
C4	R\$ 8.142,07	R\$ 33.020,81	R\$ 97.212,88
C5	R\$ 5.169,88	R\$ 26.538,94	R\$ 81.281,37
C6	R\$ 5.583,19	R\$ 38.331,58	R\$ 131.917,59
C7	R\$4.378,73	R\$ 37.188,42	R\$ 118.849,16
C8	R\$ 2.977,64	R\$ 29.486,58	R\$ 104.146,23
C9	R\$ 8.049,50	R\$ 40.094,40	R\$ 128.688,70
C10	R\$ 6.171,20	R\$ 33.379,03	R\$ 106.754,46

TABELA 11. Valor presente líquido (R\$) para os 10 cenários, nas diferentes taxas de juros para o sítio 17.

Cenário	VPL ∞ à 14%	VPL ∞ à 10%	VPL ∞ à 6%
C1	R\$ 282,34	R\$ 20.148,22	R\$ 72.242,79
C2	R\$ 15.688,49	R\$ 61.668,61	R\$ 193.130,04
C3	R\$ 21.884,50	R\$ 59.236,04	R\$ 155.779,38
C4	R\$ 18.360,84	R\$ 51.548,45	R\$ 136.879,63
C5	R\$ 14.659,43	R\$ 43.430,55	R\$ 116.855,60
C6	R\$ 14.730,49	R\$ 57.489,39	R\$ 178.988,65
C7	R\$ 13.288,08	R\$ 52.379,08	R\$ 162.708,27
C8	R\$ 11.608,57	R\$ 46.581,69	R\$ 144.400,23
C9	R\$ 17.927,20	R\$ 59.871,95	R\$ 175.258,97
C10	R\$ 15.666,03	R\$51.576,35	R\$ 147.926,89

TABELA 12. Valor presente líquido (R\$) para os 10 cenários, nas diferentes taxas de juros para o sítio 20.

Cenário	VPL ∞ à 14%	VPL ∞ à 10%	VPL ∞ à 6%
C1	R\$ 5.306,62	R\$ 29.513,76	R\$ 92.775,10
C2	R\$ 22.867,93	R\$ 77.082,14	R\$ 231.673,55
C3	R\$ 30.642,73	R\$ 75.331,31	R\$ 190.643,97
C4	R\$ 26.607,23	R\$ 66.472,48	R\$ 168.779,56
C5	R\$ 22.368,00	R\$ 57.114,74	R\$ 145.603,61
C6	R\$ 21.923,52	R\$ 72.517,25	R\$ 215.846,43
C7	R\$ 20.297,06	R\$ 66.621,19	R\$ 196.921,98
C8	R\$ 18.459,63	R\$ 60.057,86	R\$ 175.956,23
C9	R\$ 25.694,67	R\$ 75.376,77	R\$ 211.674,18
C10	R\$ 22.938,08	R\$ 65.482,41	R\$ 179.352,45

A partir dos resultados gerados, foi possível verificar que as ITC foram iguais para os sítios 15 e 17 e diminuiu para o sítio 20. Para o índice de sítio de 15 e 17 a ITC foi de 216 meses (18 anos) e para o sítio 20 foi de 204 meses (17 anos). Esse comportamento é esperado porque em áreas com maior capacidade produtiva, as árvores atingem sua estagnação precocemente (WANG *et al.*, 2011). As ITC ocorrem em idades muito próximas para os três sítios, pois as diferenças de produtividade entre as classes de sítios são baixas, este comportamento também ocorreu nos estudos realizados por ZIMOVÁ *et al.*, (2020). Ressalta-se ainda que os parâmetros do modelo de Clutter associados ao sítio não foram significativos. Contudo, apesar de apresentar diferenças na produção volumétrica para as diferentes intensidades

de desbaste, esses resultados não foram muito significativos, pois a diferença foi bem pequena de um regime para o outro.

Aplicando uma taxa de juros de 6%, 10% e 14%, todos os cenários apresentaram viabilidade econômica, exceto o cenário 1, corte final aos 15 anos no sítio 15, para a taxa de 14%. Diferente do comportamento encontrado no trabalho de RIBEIRO *et al.* (2018), onde todas as situações apresentaram viabilidade econômica. Esta diferença pode estar relacionada ao fato de que os sítios eram mais produtivos do que os encontrados neste estudo, apresentando maiores volumes e consequentemente um maior retorno econômico. Em todos dos sítios, o melhor cenário com aplicação de taxa de juros de 6% foi o que apresentava corte final aos 20 anos, com valor de VPL de R\$ 143.296,30, R\$ 193.130,04 e R\$ 231.673,55, para os sítios com índices 15, 17 e 20, respectivamente. Para a taxa de juros de 10% o comportamento foi semelhante, obtendo valor de VPL de R\$ 41.740,13 (15), R\$ 61.668,61 (17) e R\$ 77.082,14(20), (sítios entre parênteses).

Aplicando a taxa de juros de 14%, o melhor cenário foi o 3, aplicação de desbaste de 20% aos 9 anos e corte final aos 15 anos, com VPL de R\$ 10.963,56 (15), R\$ 21.884,5(17) e R\$ 30.642,73(20), demonstrando que para a taxa de juros mais elevada, a prática do desbaste faz como que o regime se torne mais viável economicamente, porém a idade de corte é antecipada (PEDROSO *et al.*, 2022).

A partir da análise econômica, foi possível observar que para todas as taxas de juros, quanto menor a intensidade de desbaste mais viável economicamente é o regime de manejo. Ao aumentar a taxa de juros aplicada, os cenários com desbastes e onde o corte final é mais tardio, se tornam inviáveis. Este comportamento pode estar associado ao custo de condução do povoamento, o qual é expressivo e ao se considerar cenários onde este custo estará presente por um tempo maior, faz com que o VPL diminua e, dependendo da produtividade de cada sítio e da intensidade de desbaste, se torne negativo. Este resultado condiz com os resultados obtidos por HALBRITTER (2020), que ressalta que a intensidade de desbaste no interior de povoamentos, sejam eles homogêneos ou heterogêneos, deve acompanhar o preço médio do produto final, para que a operação não se torne inviável.

CONCLUSÃO

Nas condições que o estudo foi conduzido e com base nas análises econômicas, todos os cenários apresentaram viabilidade para as taxas de juros de 6% e de 10%, destacando, o regime com corte final aos 20 anos sem a realização de desbaste. Para a taxa de 14%, o cenário mais viável é com o regime de desbaste de 20% aos 9 anos e corte final aos 15 anos.

REFERÊNCIAS

FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A.; BOUKA, G. U.; FRANK JÚNIOR, M.; TERRA, G. African Mahogany Plantation Highlights in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 28, 2021. doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0081

GUERA, O. G. M.; SILVA, J. A. A. D.; FERREIRA, R. L. C.; ÁLVAREZ LAZO, D.; BARRERO MEDEL, H. Modelos matemáticos para la determinación del turno óptimo en plantaciones forestales. **Madera y bosques**, v. 25, n. 1, 2019. doi.org/10.21829/myb.2019.2511636

HALBRITTER, A. An economic analysis of thinning intensity and thinning type of a two-tiered even-aged Forest stand. **Forest Policy and Economics**, v. 111, p. 102054, 2020. doi.org/10.1016/j.forpol.2019.102054

MEDERSKI, P. S. A comparison of harvesting productivity and costs in thinning operations with and without midfield. **Forest Ecology and Management**, v. 224, n. 3, p. 286-296, 2006. doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.042

OFORI, D. A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; COBBINAH, J. R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla robusta*. **Forest Ecology and Management**, v. 242, n. 2-3, p. 438-443, 2007. doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.090

PEDROSO, V. R.; DE OLIVEIRA, X. M.; MAYRINCK, R. C. Efeito da desrama artificial no crescimento de *Pinus taeda* em taquarivai, São Paulo. In: CAMBOIM NETO, L. F.(Org.); SILVA, E. N. (Org.) **Multiplicidade das Ciências Agrárias**. Editora In Vivo, 2022. v. 2, 112 p.
https://www.editorainvivo.com/_files/ugd/08fcde_39ef0188c6184d728abccb9f6a07966d.pdf#page=37

RIBEIRO, A.; SILVA, C. S. J.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. Financial and risk analysis of African mahogany plantations in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 148-158, 2018. doi.org/10.1590/1413-70542018422026717

RUSSELL, E. S.; LIU, H.; THISTLE, H.; STROM, B.; GREER, M.; LAMB, B. Effects of thinning a forest stand on sub-canopy turbulence. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 295-305, 2018. doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.019

WANG, Y.; LEMAY, V. M.; BAKER, T. G. Modelling growth responses of individual trees to early-age thinning *Eucalyptus globulus*, *E. nitens* and *E. grandis* plantations in northern Victoria. **Australian forestry**, v. 74, n. 1, p. 62-72, 2011. doi.org/10.1080/00049158.2011.10676347

ZIMOVÁ, S.; DOBOR, L.; HLÁSNY, T.; RAMMER, W.; SEIDL, R. Reducing rotation age to address increasing disturbances in Central Europe: Potential and limitations. **Forest Ecology and Management**, v. 475, p. 118408, 2020. doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118408