

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Frederico Dias Pascoal

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRIMEIRO DESBASTE PARA
***Khaya ivorensis* A. CHEV. (MELIACEAE)**

São João Evangelista

2021

FREDERICO DIAS PASCOAL

**SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRIMEIRO DESBASTE PARA
Khaya ivorensis A. CHEV. (MELIACEAE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São
João Evangelista para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof. Dr. Bruno de Oliveira
Lafetá

São João Evangelista

2021

P281s

Pascoal, Frederico Dias.

Simulação e avaliação econômica de primeiro desbaste para *Khaya ivorensis* A. CHEV. (MELIACEAE). - São João Evangelista: IFMG, 2021.

25fl.;il.

Orientador: Dr. Bruno Lafetá.
Coorientador: Dr. Ivan Fontan..

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2021.

1. Cenários. 2. Monocultivo. 3. Taxa interna de retorno. 4. Valor presente líquido. I. Pascoal, Frederico Dias. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 634.9732509811

Catálogo: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

FREDERICO DIAS PASCOAL

**SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRIMEIRO DESBASTE
PARA *Khaya ivorensis* A. CHEV. (MELIACEAE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em 10/03/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Lafeta (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista



Me. Ivan Costa Ilhéu Fontan (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista



Dr^a. Caroline Junqueira Sartori
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

Tamires Mousslech Assinado de forma digital por
Andrade Penido Tamires Mousslech Andrade Penido
Dados: 2021.03.16 11:46:49 -03'00'

Ma. Tamires Mousslech Andrade Penido
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – *Campus* Diamantina

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade econômica de diferentes cenários para a realização do primeiro desbaste em monocultivos de *Khaya ivorensis* e apresentar uma estimativa de idade e intensidade de desbaste que proporcionem maior retorno de capital investido. Foram realizadas 576 simulações considerando diferentes custos de implantação e manutenção, idades para primeiro desbaste, intensidades de desbaste e receitas para a venda de madeira em pé. Calcularam-se o Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). O preço mínimo da madeira em pé o qual todas as simulações foram viáveis economicamente foi de R\$1.638m⁻³ para uma intensidade de desbaste de 10%, de R\$819m⁻³ para 20%, de R\$546m⁻³ para 30% e R\$410m⁻³ para 40%. As simulações que maximizaram os valores de VPL foram aquelas com previsão de desbaste aos 5 anos de idade. O planejamento do percentual de volume desbastado pode ser realizado adotando critérios econômicos como o VPL e a TIR. Para que haja retorno do capital investido logo no primeiro desbaste aos 5 anos idade, a estimativa percentual do volume desbastado pode ser obtida em função do preço de venda da madeira em pé para diferentes taxas mínimas de atratividade.

Palavras-chave: Cenários. Monocultivo. Taxa interna de retorno. Valor presente líquido.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the economic viability of different scenarios for the first thinning in *Khaya ivorensis* monocultures and present an age and thinning intensity estimates that provide a higher invested capital return. 576 simulations were carried out considering different implementation and maintenance costs, ages for first thinning, thinning intensities and recipes for standing wood sale. Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) were calculated. The minimum price for standing wood, which all simulations were economically feasible, was R\$1,638m⁻³ for 10% thinning intensity, from R\$819m⁻³ to 20%, from R\$546m⁻³ for 30% and R\$410m⁻³ for 40%. The simulations that maximized the NPV values were those with thinning prediction at 5 years of age. The percentage planning of thinned volume can be realized by adopting economic criteria such as NPV and IRR. In order for there to be a return on the capital invested in the first thinning at 5 years of age, the percentage estimate of the thinned volume can be obtained according to the standing wood sale price for different minimum rates of attractiveness.

Keywords: Scenarios. Monoculture. Internal rate of return. Net present value.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Curvas da estimativa percentual de volume a ser desbastado em função do preço de venda da madeira em pé para que haja retorno do capital investido aos 5 anos de idade23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$100 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de K. ivorensis.....	14
Tabela 2 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$100 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de K. ivorensis.....	15
Tabela 3 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$500 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de K. ivorensis.....	17
Tabela 4 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$500 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de K. ivorensis.....	18
Tabela 5 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$1.000 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de K. ivorensis.....	19
Tabela 6 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$1.000 m-3 e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de K. ivorensis.....	20
Tabela 7 - Parâmetros e estimativas percentuais de volume a ser desbastado em função do preço de venda da madeira em pé para que haja retorno do capital investido aos 5 anos de idade. ..	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS	14
4 DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A implantação e manejo de povoamentos equiâneos de espécies exóticas são atividades consolidadas em empresas verticalizadas e produtores independentes no Brasil. A introdução de espécies exóticas e o planejamento silvicultural são convencionalmente realizados levantando informações técnicas e econômicas para a análise de viabilidade do projeto florestal.

Khaya ivorensis A. Chev. (Meliaceae), conhecida popularmente por mogno, é uma espécie arbórea originária da África ocidental que se encontra na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da International Union for Conservation of Nature (IUCN) desde 1998 (CHAIKAEW *et al.*, 2020). Mesmo diante de sua vulnerabilidade, é amplamente procurada em mercados nacionais e internacionais de madeira para movelaria, lâminas decorativas, instrumentos musicais, construção de embarcações, verniz e fins medicinais (MAYRINCK *et al.*, 2018; CHAIKAEW *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020). Possui rápido ritmo de crescimento e características fitorremediadoras, com potencial uso em programas para recuperação de áreas degradadas (COVRE *et al.*, 2020). A madeira é de alto valor comercial em razão de suas propriedades tecnológicas e estéticas, sendo reportado o preço médio de até US\$ 1.500/m³ pela International Tropical Timber Organization (ITTO, 2017).

A silvicultura de *K. ivorensis* surge como alternativa econômica e conservacionista para o suprimento da demanda madeireira mundial, sendo explorada em monocultivos ou como componente arbóreo de sistemas agroflorestais. O interesse brasileiro pela *K. ivorensis* decorre, principalmente, em virtude de sua adequabilidade climática e, também, escassez de madeira proveniente do mogno nativo brasileiro (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae). Os maiores maciços de *K. ivorensis* são provenientes de mudas seminais e se concentram nos estados do Goiás, Minas Gerais, Pará e Mato Grosso, ocupando uma área de, aproximadamente, 10 mil hectares (Associação Brasileira dos Produtores de Mogno Africano; SANTOS *et al.*, 2020). Todavia, apesar da importância comercial, estudos de viabilidade econômica para a sua implantação ainda são incipientes no país. Chama a atenção, ainda, para a ocorrência de equívocos na identificação de espécies do gênero *Khaya*, particularmente, entre *K. ivorensis* e *K. grandifoliola* C. Dc.

Plantações de *K. ivorensis* requerem manejo apropriado para a diversificação e otimização da produção de madeira. Dentre as práticas de manejo adotadas para a produção de múltiplos produtos madeireiros, têm-se o desbaste, rotineiramente adotado para a regulação da

competição intraespecífica e estímulo do crescimento de árvores remanescentes, visando usos mais nobres e agregação de valor comercial (YANG *et al.*, 2019; SAARINEN *et al.*, 2020).

O conhecimento dos potenciais usos e os respectivos valores mercadológicos é essencial para um adequado planejamento de aplicação do desbaste. A produção de madeira e a lucratividade da silvicultura podem ser influenciadas pela intensidade, tipo (sistemático, seletivo ou misto) e o momento de aplicação do desbaste (SAARINEN *et al.*, 2020). Tratam-se de processos complexos, capazes de modificar a estrutura do povoamento, e precisam ser definidos de forma criteriosa. A intensidade de desbaste define o percentual de volume, área e/ou árvores removidas em um povoamento e, o mais relevante, quantitativo remanescente para o estoque futuro de crescimento (CAMPOS; LEITE, 2017; SAARINEN *et al.*, 2020). Além disso, é importante salientar que a madeira obtida de árvores desbastadas de povoamentos juvenis possui características e dimensões inferiores em relação àquela oriunda de árvores com idades mais avançadas, mais valorizada comercialmente (MORAES *et al.*, 2019).

Os desbastes podem ser agrupados basicamente em duas categorias, pré-comercial e comercial. Na categoria pré-comercial, não é feito o aproveitamento de árvores derrubadas e, portanto, não há geração de receita e subsídios aos custos operacionais. Enquanto esta categoria tem o propósito exclusivamente técnico, a categoria comercial visa, além do atendimento de prescrições de manejo, receitas com a madeira colhida (BONAZZA *et al.*, 2020). As estratégias de manejo diferem entre níveis tecnológicos de empreendimentos florestais, com custos e receitas que se diversificam devido a aspectos técnicos e mercadológicos locais e internacionais (BONAZZA *et al.*, 2020). Assim, a definição do momento e da intensidade do primeiro desbaste podem ser fundamentadas em simulações de cenários hipotéticos de custos, maior lucro, amortização de custos ou, simplesmente, ausência de receita.

A análise de viabilidade econômica do primeiro desbaste pode ser uma etapa de decisiva para a instalação de empreendimento florestais. Critérios econômicos são fundamentais para a escolha do melhor projeto e/ou alternativa de manejo a serem adotados (VITALE; MIRANDA, 2010). Mediante exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade econômica de diferentes cenários para realização do primeiro desbaste em monocultivos de *K. ivorensis* e apresentar uma estimativa de idade e intensidade de desbaste que proporcionam maior retorno de capital investido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo tiveram como base municípios com clima do tipo Aw segundo o sistema internacional de Köppen (KÖPPEN, 1936), com invernos amenos e secos e verões quentes e chuvosos. Maiores extensões territoriais com clima Aw podem ser encontradas nas regiões centro-oeste, sudeste e norte do Brasil (ALVARES *et al.*, 2014). Enfatiza-se que a aptidão para o cultivo de *K. ivorensis* deve considerar um conjunto de aspectos climáticos, edáficos e silviculturais.

Para a realização do fluxo de caixa, levantaram-se os custos envolvidos com a implantação, manutenção (condução) e venda de produtos florestais. As etapas operacionais de implantação e manutenção dos povoamentos se basearam na eucaliptocultura. Os custos de implantação contemplaram o preparo da área (custo do serviço), insumos (adubo, mudas, formicida, herbicida, inseticida, custo da máquina, entre outros) e mão de obra (aplicação de inseticida e herbicida, plantio, replantio, adubação, controle de formiga, entre outros). Os custos de manutenção se relacionaram aos insumos (exceto mudas e plantio/replantio), mão de obra (exceto plantio/replantio) e desrama artificial.

Definiu-se faixas de variação para os custos de instalação e manutenção de povoamentos florestais conforme valores encontrados em literaturas, empresas, pequenos e médios produtores rurais. Esta decisão se pautou na oscilação de custos conforme peculiaridades locais e particularidades relacionadas ao nível tecnológico produtivo. Simularam-se os custos por hectare de R\$1.000 a R\$5.000 para a implantação (ano 0), de R\$400 a R\$1.300 para o primeiro ano de manutenção (ano 1) e, custos constantes, de R\$40 e R\$160 para os demais anos de manutenção. Para fins organizacionais, os cenários estabelecidos para os custos simulados nos anos 0 (implantação) e 1 (manutenção) foram assim discriminados:

C1: Implantação de R\$1.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$400 ha⁻¹.

C2: Implantação de R\$1.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$700 ha⁻¹.

C3: Implantação de R\$1.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.000 ha⁻¹.

C4: Implantação de R\$1.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.300 ha⁻¹.

C5: Implantação de R\$3.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$400 ha⁻¹.

C6: Implantação de R\$3.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$700 ha⁻¹.

C7: Implantação de R\$3.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.000 ha⁻¹.

C8: Implantação de R\$3.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.300 ha⁻¹.

C9: Implantação de R\$5.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$400 ha⁻¹.

C10: Implantação de R\$5.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$700 ha⁻¹.

C11: Implantação de R\$5.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.000 ha⁻¹.

C12: Implantação de R\$5.000 ha⁻¹ e manutenção no primeiro ano de R\$1.300 ha⁻¹.

O período de tempo do fluxo de caixa abrangeu desde a implantação silvicultural até a venda da madeira em pé, não sendo contabilizados os custos de aquisição de terras e colheita florestal. A estimativa volumétrica (m³ ha⁻¹) foi calculada utilizando a equação fornecida por Silva *et al.* (2016) para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora – Minas Gerais, sob espaçamento de 4 × 3 metros (833 árvores ha⁻¹). Este município se localiza na Mesoregião Norte de Minas Gerais, com clima do tipo Aw.

$$Volume = 143,6084 e^{-e^{3,2393-0,0897 I}}, r_{Y\hat{Y}} = 0,9931 \quad (1)$$

Em que:

I = idade (meses), e

$r_{Y\hat{Y}}$ = coeficiente de correlação de Pearson.

O primeiro desbaste foi simulado para as idades de 3, 4, 5, e 6 anos, considerando as intensidades de remoção volumétrica de 20% (667 árvores remanescentes) e 30% (583 árvores remanescentes). Os fluxos de caixa foram desenvolvidos com horizonte de planejamento limitado até a realização do primeiro desbaste. O preço de venda do material lenhoso foi simulado em R\$100 m⁻³, R\$500 m⁻³ e R\$ 1.000 m⁻³, pois o preço de venda dos produtos florestais está sujeito a flutuações de mercado.

A análise de viabilidade econômica foi realizada a partir do cálculo de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), para uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10% ao ano. A simulação/projeto foi considerada viável economicamente quando foram satisfeitas simultaneamente as duas condições: diferença positiva entre valor presente das receitas e valor presente dos custos (VPL > 0) e TIR maior que a taxa de desconto correspondente à taxa de remuneração alternativa do capital (TIR > TMA). Calcularam o VPL e a TIR pelas expressões a seguir:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (2)$$

$$\sum_{t=0}^n R_j(1 + TIR)^{-t} = \sum_{t=0}^n C_j(1 + TIR)^{-t} \quad (3)$$

Em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa mínima de atratividade;

t = período em que a receita ou o custo ocorre; e

n = número máximo de períodos.

A análise de sensibilidade foi efetuada com a simulação de cenários complementares da intensidade de desbaste, custos de implantação, custos de manutenção, TMA e receitas com a venda de madeira em pé. Optou-se por esta análise complementar em virtude das incertezas inerentes à produção e comercialização florestal. Ajustou-se o modelo de potência para a estimava do percentual de volume desbastado em função do preço da venda de madeira em pé para valores de TMA de 7 a 12%. O modelo de regressão não linear foi ajustado pelo método iterativo de Levenberg-Marquardt.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Excel[®] e Curve Expert.

3 RESULTADOS

A análise de três prováveis valores de custos para a implantação, quatro valores de custo para o primeiro ano de manutenção, dois valores de custo contínuo para os demais anos de manutenção, quatro idades para a realização do primeiro desbaste, duas intensidades de desbaste e três valores de receitas para a venda de madeira em pé totalizaram 576 simulações.

O VPL e a TIR de cada simulação com intensidade de desbaste de 20 e 30% do volume, com previsão de receita de R\$100 m⁻³, se encontram nas Tabelas 1 e 2. Para essa receita, o primeiro desbaste não foi viável economicamente aos 3 anos de idade ($VPL \leq 0$ e $TIR \leq TMA$). Encontrou-se viabilidade econômica na simulação de menor custo (Cenário C1 + demais custos anuais de manutenção de R\$40 ha⁻¹) com remoção de 20% do volume aos 5 e 6 anos de idade. As simulações dos cenários C1 e C2 desbastando 30% do volume foram viáveis somente a partir do quarto ano. Para que todas as simulações sejam viáveis com tal receita prevista, as intensidades de desbaste devem ser de 95, 84 e 86% aos 4, 5 e 6 anos de idade, respectivamente.

Tabela 1 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$100 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	-830,25	-640,92	-20,37	-12,67	-335,02	-63,73	2,65	8,63
C2	-1102,98	-913,64	-26,75	-19,55	-607,75	-336,46	-2,26	3,32
C3	-1375,70	-1186,37	-31,99	-25,26	-880,48	-609,18	-6,43	-1,20
C4	-1648,43	-1459,10	-36,36	-30,06	-1153,20	-881,91	-10,03	-5,11
C5	-2830,25	-2640,92	-40,05	-35,30	-2335,02	-2063,73	-17,25	-13,58
C6	-3102,98	-2913,64	-42,70	-38,07	-2607,75	-2336,46	-19,28	-15,71
C7	-3375,70	-3186,37	-45,09	-40,59	-2880,48	-2609,18	-21,15	-17,68
C8	-3648,43	-3459,10	-47,26	-42,88	-3153,20	-2881,91	-22,89	-19,51
C9	-4830,25	-4640,92	-48,18	-44,39	-4335,02	-4063,73	-25,91	-22,99

Continua...

...continuação

C10	-5102,98	-4913,64	-49,87	-46,14	-4607,75	-4336,46	-27,20	-24,33
C11	-5375,70	-5186,37	-51,44	-47,77	-4880,48	-4609,18	-28,42	-25,60
C12	-5648,43	-5459,10	-52,91	-49,30	-5153,20	-4881,91	-29,58	-26,81
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	-238,77	107,04	6,12	11,72	-357,32	56,22	5,21	10,75
C2	-511,49	-165,69	2,35	7,55	-630,04	-216,50	2,23	7,35
C3	-784,22	-438,42	-0,87	3,98	-902,77	-489,23	-0,32	4,44
C4	-1056,95	-711,14	-3,67	0,89	-1175,50	-761,96	-2,55	1,93
C5	-2238,77	-1892,96	-10,25	-6,81	-2357,32	-1943,78	-8,03	-4,60
C6	-2511,49	-2165,69	-11,85	-8,51	-2630,04	-2216,50	-9,33	-6,01
C7	-2784,22	-2438,42	-13,33	-10,08	-2902,77	-2489,23	-10,54	-7,31
C8	-3056,95	-2711,14	-14,71	-11,55	-3175,50	-2761,96	-11,66	-8,52
C9	-4238,77	-3892,96	-17,75	-15,00	-4357,32	-3943,78	-14,35	-11,61
C10	-4511,49	-4165,69	-18,77	-16,08	-4630,04	-4216,50	-15,19	-12,50
C11	-4784,22	-4438,42	-19,74	-17,09	-4902,77	-4489,23	-15,98	-13,34
C12	-5056,95	-4711,14	-20,66	-18,06	-5175,50	-4761,96	-16,74	-14,15

Tabela 2 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$100 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	-437,33	-248,00	-3,95	2,27	360,15	631,44	16,68	21,60
C2	-710,06	-520,73	-10,81	-4,96	87,42	358,71	11,50	16,11
C3	-982,79	-793,46	-16,60	-11,09	-185,31	85,98	7,04	11,36
C4	-1255,51	-1066,18	-21,54	-16,34	-458,04	-186,74	3,14	7,23
C5	-2437,33	-2248,00	-28,62	-24,85	-1639,85	-1368,56	-6,64	-3,70
C6	-2710,06	-2520,73	-31,38	-27,70	-1912,58	-1641,29	-8,73	-5,86
C7	-2982,79	-2793,46	-33,90	-30,31	-2185,31	-1914,02	-10,67	-7,88

Continua...

...continuação

C8	-3255,51	-3066,18	-36,23	-32,72	-2458,04	-2186,74	-12,49	-9,76
C9	-4437,33	-4248,00	-38,56	-35,57	-3639,85	-3368,56	-16,62	-14,29
C10	-4710,06	-4520,73	-40,30	-37,36	-3912,58	-3641,29	-17,94	-15,65
C11	-4982,79	-4793,46	-41,93	-39,04	-4185,31	-3914,02	-19,19	-16,94
C12	-5255,51	-5066,18	-43,47	-40,62	-4458,04	-4186,74	-20,39	-18,17
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	554,21	900,01	17,50	22,15	421,54	835,08	14,68	19,28
C2	281,48	627,28	13,53	17,85	148,81	562,35	11,53	15,78
C3	8,75	354,55	10,10	14,14	-123,92	289,62	8,81	12,77
C4	-263,98	81,83	7,10	10,90	-396,64	16,90	6,44	10,15
C5	-1445,79	-1099,99	-1,22	1,56	-1578,46	-1164,92	-0,28	2,49
C6	-1718,52	-1372,72	-2,86	-0,16	-1851,19	-1437,65	-1,62	1,07
C7	-1991,25	-1645,45	-4,39	-1,77	-2123,92	-1710,38	-2,87	-0,26
C8	-2263,98	-1918,17	-5,82	-3,27	-2396,64	-1983,10	-4,03	-1,50
C9	-3445,79	-3099,99	-9,64	-7,45	-3578,46	-3164,92	-7,29	-5,11
C10	-3718,52	-3372,72	-10,69	-8,54	-3851,19	-3437,65	-8,15	-6,00
C11	-3991,25	-3645,45	-11,68	-9,57	-4123,92	-3710,38	-8,97	-6,86
C12	-4263,98	-3918,17	-12,63	-10,55	-4396,64	-3983,10	-9,75	-7,68

Para o preço de venda da madeira em pé de R\$500 m⁻³, o primeiro desbaste foi viável (VPL > 0 e TIR > TMA) em todas as simulações feitas de 4 a 6 anos com 20 e 30% de volume removido (Tabelas 3 e 4). Contudo, observou-se inviabilidade nas ocasiões cujo o custo de implantação foi de R\$5.000 m⁻³ (C9, C10, C11 e C12) com posterior remoção de 20% do volume aos 3 anos; além dos respectivos cenários C7 e C8, que possuem custo de implantação de R\$3.000 m⁻³. Essas simulações com o custo de implantação de R\$5.000 foram inviáveis mesmo com todos os custos de manutenção anulados.

Tabela 3 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$500 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	2313,07	2502,40	56,58	60,06	5226,33	5497,62	65,50	68,42
C2	2040,35	2229,68	48,65	52,00	4953,60	5224,89	59,69	62,46
C3	1767,62	1956,95	41,59	44,79	4680,87	4952,16	54,51	57,13
C4	1494,89	1684,22	35,26	38,33	4408,14	4679,44	49,86	52,35
C5	313,07	502,40	13,39	15,40	3226,33	3497,62	30,32	31,96
C6	40,35	229,68	10,43	12,40	2953,60	3224,89	28,10	29,71
C7	-232,38	-43,05	7,62	9,56	2680,87	2952,16	26,00	27,57
C8	-505,11	-315,78	4,97	6,87	2408,14	2679,44	24,01	25,54
C9	-1686,93	-1497,60	-3,17	-1,61	1226,33	1497,62	15,82	17,08
C10	-1959,65	-1770,32	-5,01	-3,46	953,60	1224,89	14,44	15,68
C11	-2232,38	-2043,05	-6,77	-5,24	680,87	952,16	13,11	14,34
C12	-2505,11	-2315,78	-8,47	-6,96	408,14	679,44	11,83	13,04
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	6105,00	6450,81	55,35	58,19	5873,51	6287,05	45,03	47,89
C2	5832,28	6178,08	50,90	53,56	5600,79	6014,33	41,50	44,14
C3	5559,55	5905,35	46,97	49,46	5328,06	5741,60	38,39	40,85
C4	5286,82	5632,62	43,45	45,80	5055,33	5468,87	35,62	37,93
C5	4105,00	4450,81	28,94	30,51	3873,51	4287,05	24,71	26,30
C6	3832,28	4178,08	27,19	28,73	3600,79	4014,33	23,29	24,83
C7	3559,55	3905,35	25,55	27,04	3328,06	3741,60	21,94	23,44
C8	3286,82	3632,62	23,99	25,45	3055,33	3468,87	20,67	22,13
C9	2105,00	2450,81	17,46	18,67	1873,51	2287,05	15,52	16,73
C10	1832,28	2178,08	16,37	17,56	1600,79	2014,33	14,63	15,81
C11	1559,55	1905,35	15,32	16,49	1328,06	1741,60	13,76	14,93
C12	1286,82	1632,62	14,31	15,46	1055,33	1468,87	12,94	14,08

Tabela 4 Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$500 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	4277,65	4466,98	82,34	85,25	8702,17	8973,46	85,06	87,55
C2	4004,92	4194,25	74,16	76,96	8429,44	8700,74	79,09	81,45
C3	3732,19	3921,52	66,76	69,45	8156,72	8428,01	73,71	75,95
C4	3459,47	3648,80	60,04	62,63	7883,99	8155,28	68,83	70,97
C5	2277,65	2466,98	31,27	32,92	6702,17	6973,46	45,14	46,51
C6	2004,92	2194,25	28,25	29,87	6429,44	6700,74	42,90	44,24
C7	1732,19	1921,52	25,37	26,97	6156,72	6428,01	40,76	42,07
C8	1459,47	1648,80	22,64	24,21	5883,99	6155,28	38,71	40,00
C9	277,65	466,98	11,89	13,17	4702,17	4973,46	28,84	29,89
C10	4,92	194,25	10,03	11,30	4429,44	4700,74	27,45	28,48
C11	-267,81	-78,48	8,24	9,49	4156,72	4428,01	26,11	27,12
C12	-540,53	-351,20	6,50	7,74	3883,99	4155,28	24,80	25,81
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	10069,86	10415,66	69,88	72,33	9767,78	10181,32	56,33	58,80
C2	9797,13	10142,93	65,31	67,60	9495,05	9908,59	52,69	54,99
C3	9524,40	9870,21	61,23	63,39	9222,33	9635,87	49,46	51,61
C4	9251,68	9597,48	57,56	59,60	8949,60	9363,14	46,58	48,59
C5	8069,86	8415,66	40,54	41,87	7767,78	8181,32	34,04	35,39
C6	7797,13	8142,93	38,78	40,07	7495,05	7908,59	32,60	33,90
C7	7524,40	7870,21	37,10	38,36	7222,33	7635,87	31,23	32,50
C8	7251,68	7597,48	35,50	36,74	6949,60	7363,14	29,93	31,17
C9	6069,86	6415,66	27,92	28,92	5767,78	6181,32	24,06	25,08
C10	5797,13	6142,93	26,82	27,80	5495,05	5908,59	23,16	24,15
C11	5524,40	5870,21	25,75	26,72	5222,33	5635,87	22,28	23,26
C12	5251,68	5597,48	24,72	25,68	4949,60	5363,14	21,44	22,40

O custo máximo de implantação para que haja viabilidade em todas simulações de 20% de volume desbastado aos 3 anos e receita de R\$500 m⁻³ foi de R\$2.494 ha⁻¹. No que se refere ao desbaste de 30% aos 3 anos, a viabilidade de projetos com valores de implantação de R\$5.000 ha⁻¹ foi condicionada a custos de máximos de manutenção no primeiro ano de R\$813 ha⁻¹ e R\$605 ha⁻¹ desde que os custos de manutenção nos demais anos sejam constantes de R\$40 e R\$160, respectivamente.

O preço de venda da madeira em pé de R\$1.000 m⁻³ viabilizou economicamente todas as simulações de 3 a 6 anos, assumindo 20 e 30% de desbaste (Tabelas 5 e 6). Para esse preço de venda, o percentual mínimo de volume desbastado para que, ainda, haja viabilidade foi de 17, 19, 17 e 18% aos 3, 4, 5 e 6 anos, respectivamente. Estabelecendo um valor de R\$1.000 para venda de madeira em pé aos 6 anos no cenário de maior custo (Cenário C12 + demais custos anuais de manutenção de R\$60 ha⁻¹), tem-se um VPL de R\$ 8.843,87 (TIR = 27,79%) e de R\$ 16.632,40 (TIR = 37,24%) para 20 e 30% de volume desbastado, respectivamente.

Tabela 5 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$1.000 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 20% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	6242,22	6431,55	102,72	105,29	12178,01	12449,31	100,10	102,33
C2	5969,50	6158,83	94,37	96,85	11905,29	12176,58	94,02	96,14
C3	5696,77	5886,10	86,75	89,14	11632,56	11903,85	88,51	90,53
C4	5424,04	5613,37	79,78	82,08	11359,83	11631,12	83,48	85,41
C5	4242,22	4431,55	45,40	46,84	10178,01	10449,31	56,55	57,76
C6	3969,50	4158,83	42,35	43,77	9905,29	10176,58	54,28	55,47
C7	3696,77	3886,10	39,43	40,83	9632,56	9903,85	52,12	53,28
C8	3424,04	3613,37	36,64	38,02	9359,83	9631,12	50,04	51,18
C9	2242,22	2431,55	23,80	24,91	8178,01	8449,31	38,87	39,78
C10	1969,50	2158,83	21,93	23,03	7905,29	8176,58	37,47	38,37

Continua...

...continuação

C11	1696,77	1886,10	20,11	21,20	7632,56	7903,85	36,11	37,00
C12	1424,04	1613,37	18,35	19,43	7359,83	7631,12	34,79	35,67
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	14034,71	14380,52	80,85	83,06	13662,05	14075,59	64,74	66,99
C2	13761,99	14107,79	76,20	78,27	13389,32	13802,86	61,03	63,12
C3	13489,26	13835,06	72,02	73,98	13116,59	13530,13	57,74	59,69
C4	13216,53	13562,34	68,25	70,10	12843,87	13257,41	54,78	56,61
C5	12034,71	12380,52	49,31	50,50	11662,05	12075,59	41,01	42,21
C6	11761,99	12107,79	47,53	48,69	11389,32	11802,86	39,55	40,72
C7	11489,26	11835,06	45,83	46,96	11116,59	11530,13	38,16	39,30
C8	11216,53	11562,34	44,22	45,32	10843,87	11257,41	36,85	37,95
C9	10034,71	10380,52	35,82	36,71	9662,05	10075,59	30,44	31,34
C10	9761,99	10107,79	34,71	35,58	9389,32	9802,86	29,53	30,41
C11	9489,26	9835,06	33,64	34,50	9116,59	9530,13	28,64	29,51
C12	9216,53	9562,34	32,60	33,45	8843,87	9257,41	27,79	28,64

Tabela 6 - Valores de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para diferentes simulações de custo, considerando uma receita de R\$1.000 m⁻³ e intensidade do primeiro desbaste de 30% para o cultivo de *K. ivorensis*.

Cenário	Custo de manutenção anual a partir de 2 anos (R\$)							
	160		40		160		40	
	VPL (R\$)		TIR (%)		VPL (R\$)		TIR (%)	
	----- 3 Anos -----				----- 4 Anos -----			
C1	10171,37	10360,71	134,82	136,98	19129,70	19400,99	123,11	125,03
C2	9898,65	10087,98	126,26	128,35	18856,97	19128,27	116,90	118,73
C3	9625,92	9815,25	118,36	120,38	18584,25	18855,54	111,21	112,96
C4	9353,19	9542,52	111,05	113,01	18311,52	18582,81	105,99	107,66
C5	8171,37	8360,71	67,65	68,85	17129,70	17400,99	74,01	75,03
C6	7898,65	8087,98	64,57	65,75	16856,97	17128,27	71,72	72,72
C7	7625,92	7815,25	61,60	62,76	16584,25	16855,54	69,52	70,50

Continua...

...continua

C8	7353,19	7542,52	58,74	59,89	16311,52	16582,81	67,40	68,37
C9	6171,37	6360,71	42,56	43,48	15129,70	15400,99	54,21	54,98
C10	5898,65	6087,98	40,67	41,58	14856,97	15128,27	52,80	53,56
C11	5625,92	5815,25	38,83	39,73	14584,25	14855,54	51,43	52,18
C12	5353,19	5542,52	37,04	37,93	14311,52	14582,81	50,10	50,84
	----- 5 Anos -----				----- 6 Anos -----			
C1	21964,42	22310,23	97,33	99,26	21450,59	21864,13	77,23	79,20
C2	21691,70	22037,50	92,57	94,39	21177,86	21591,40	73,43	75,27
C3	21418,97	21764,77	88,27	89,98	20905,13	21318,67	70,03	71,75
C4	21146,24	21492,05	84,36	85,98	20632,40	21045,94	66,96	68,58
C5	19964,42	20310,23	62,50	63,51	19450,59	19864,13	51,35	52,38
C6	19691,70	20037,50	60,70	61,69	19177,86	19591,40	49,87	50,87
C7	19418,97	19764,77	58,98	59,94	18905,13	19318,67	48,47	49,44
C8	19146,24	19492,05	57,33	58,27	18632,40	19045,94	47,13	48,08
C9	17964,42	18310,23	47,70	48,45	17450,59	17864,13	39,91	40,67
C10	17691,70	18037,50	46,58	47,32	17177,86	17591,40	38,99	39,74
C11	17418,97	17764,77	45,50	46,23	16905,13	17318,67	38,10	38,84
C12	17146,24	17492,05	44,45	45,17	16632,40	17045,94	37,24	37,96

Em termos gerais, o preço mínimo da madeira em pé aos 3 anos para que todas as simulações sejam viáveis economicamente foi de R\$1.638 m⁻³ para uma intensidade de desbaste de 10%, de R\$819 m⁻³ para 20%, de R\$546 m⁻³ para 30% e R\$410 m⁻³ para 40%. A viabilidade a partir de 4 anos, pode ser alcançada com receitas mínimas de R\$942 m⁻³ para remoção de 10% do volume, de R\$471 m⁻³ para 20%, de R\$314 m⁻³ para 30% e de R\$235 m⁻³ para 40%. Nessa mesma sequência, tem-se viabilidade com valores mínimos de R\$838 m⁻³, R\$419 m⁻³, R\$280 m⁻³ e R\$217 m⁻³ para 5 anos e de R\$865 m⁻³, R\$433 m⁻³, R\$289 m⁻³ e R\$217 m⁻³ para 6 anos.

Os maiores valores de VPL foram observados nas simulações de desbaste aos 5 anos de idade. As estimativas mínimas da intensidade de desbaste que fornecem o retorno do capital investido nessa idade e em todas as simulações são detalhadas por TMA na Tabela 7.

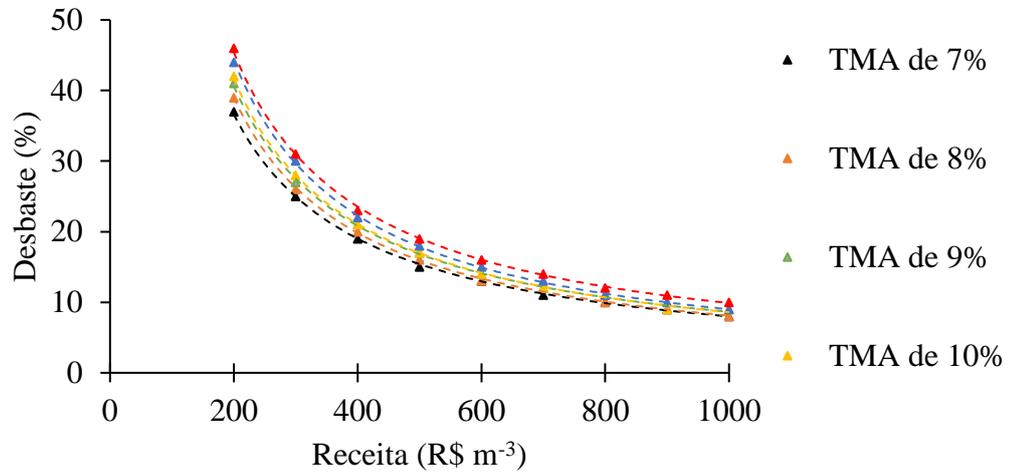
Tabela 7 - Parâmetros e estimativas percentuais de volume a ser desbastado em função do preço de venda da madeira em pé para que haja retorno do capital investido aos 5 anos de idade.

Preço da madeira em pé (R\$ m ⁻³)	Taxa mínima de atratividade (%)					
	7	8	9	10	11	12
	----- Desbaste (%)-----					
200	37	39	41	42	44	46
300	25	26	27	28	30	31
400	19	20	21	21	22	23
500	15	16	17	17	18	19
600	13	13	14	14	15	16
700	11	12	12	12	13	14
800	10	10	11	11	11	12
900	9	9	9	9	10	11
1000	8	8	9	9	9	10
Estatísticas	----- Modelo de potência ajustado -----					
β_0	5852,430	6784,086	6909,241	7946,681	8162,064	7430,664
β_1	-0,956	-0,974	-0,969	-0,990	-0,985	-0,960
R^2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999

β_0 e β_1 são parâmetros do modelo de potência. R^2 = coeficiente de determinação.

A estimativa percentual de volume a ser desbastado tendeu ao decréscimo à medida que aumentaram a TMA e do preço de venda da madeira em pé (Figura 1).

Figura 1 - Curvas da estimativa percentual de volume a ser desbastado em função do preço de venda da madeira em pé para que haja retorno do capital investido aos 5 anos de idade.



Fonte: O autor.

4 DISCUSSÃO

As 576 simulações para os custos e receitas concernentes desde a implantação até a venda de madeira em pé permitiram discriminar a rentabilidade do primeiro desbaste de monocultivo de *K. ivorensis* em diferentes idades. Apesar dos cálculos de VPL incluírem a informação da TMA fixa de 10%, a TIR por sua vez, representa o valor hipotético dessa taxa em que há igualdade entre despesas e retorno dos investimentos a serem trazidos para ao valor presente (STOENCHEV *et al.*, 2020). Portanto, ressalta-se que são esperados maiores valores de VPL para menores valores da TMA e vice-versa.

Menores receitas com a venda da madeira em pé implicaram em maiores intensidades de desbaste para o alcance de viabilidade econômica. Estimou-se inviabilidade econômica para vendas de madeira aos 3 anos de idade e receitas inferiores ou iguais a R\$100 m⁻³, mesmo desbastando 94% de volume (estimativa que contempla todos os cenários e densidade de plantio de 833 árvores ha⁻¹) do povoamento (Tabelas 1 e 2). Na hipótese da aplicação de um corte raso nessa idade, apenas os cenários de C1 a C6 exibiram viabilidade. Salienta-se que desbastes exacerbadamente pesados aumentam o espaço útil por planta, promove a proliferação de matocompetição e, em alguns casos, limita a produtividade madeireira de colheitas posteriores (CARNEIRO *et al.*, 2012).

É conveniente ressaltar que a inviabilidade econômica do primeiro desbaste aos 3 anos de idade não necessariamente implica em prejuízo do projeto florestal, pois valores são agregados com o estímulo do crescimento em diâmetro de árvores remanescentes. Desbastes pré-comerciais aos 3 anos de idade podem ser planejados com o propósito de maiores receitas a longo prazo com o corte final. Também, colheitas parciais podem ser necessárias em idades juvenis de acordo com a demanda material lenhoso para consumo próprio em pequenas propriedades.

Por outro lado, povoamentos juvenis tendem a apresentar menores rendimento lenhoso e densidade básica da madeira (RESQUIN *et al.*, 2020; SSEREMBAM *et al.*, 2021), comprometendo a diversificação na definição de sortimentos e o valor de venda da matéria-prima. Madeiras provenientes de colheitas precoces são frequentemente utilizadas para lenha ou artesanato, produtos de menor valor agregado. Além dessas possibilidades de uso da madeira juvenil, tem-se a densificação de biomassa na forma de

pellets e briquetes (MORAES *et al.*, 2019). Portanto, o planejamento do desbaste em povoamentos juvenis deve ser feito com bastante cautela para evitar prejuízos financeiros,

especialmente, quando se programa retornos de capital investido logo com a venda de madeira para a primeira colheita parcial.

A orientação técnica qualificada para o planejamento da implantação, manutenção e definição do primeiro desbaste de povoamentos é imprescindível para o sucesso do empreendimento florestal. As simulações que maximizaram os valores de VPL foram aquelas com previsão de desbaste aos 5 anos de idade, cuja viabilidade econômica foi alcançada para receitas mínimas de R\$217 m⁻³ a R\$838 m⁻³ para 40% a 10% de volume desbastado, respectivamente. Cabe-se enfatizar que a determinação do ponto temporal de maximização de lucro é uma técnica convencionalmente utilizada para definir rotações econômicas e estratégias de regulação florestal (MACPHERSON *et al.*, 2018; ACUNA *et al.*, 2021).

A definição da intensidade do primeiro desbaste pode ser realizada adotando critérios econômicos e pode oscilar em razão da necessidade de antecipação de retorno do capital investido. As estimativas mínimas da intensidade de desbaste que fornecem o retorno do capital investido nessa idade e em todas as simulações são detalhadas por TMA na Tabela 7. A estimativa percentual de volume a ser desbastado tendeu ao decréscimo à medida que aumentaram a TMA e do preço de venda da madeira em pé (Figura 1). A estimativa de decréscimo do percentual do volume a ser desbastado em função do aumento da receita seguiu um comportamento não linear, de potência, tendendo a uma estagnação em, aproximadamente, 10% de volume colhido (Tabela 7 e Figura 1). Nesse sentido, sugere-se que a intensidade do primeiro desbaste não seja inferior a 10% (750 árvores remanescentes) aos 5 anos de idade para um preço de venda da madeira em pé R\$1.000, mesmo em face da previsão de maiores receitas.

Para as circunstâncias de alto custo de aquisição de mudas, que ultrapassem o limite máximo simulado do custo de implantação (R\$5.000 ha⁻¹), observou-se viabilidade econômica aos 5 anos de idade em toda faixa simulada dos custos de manutenção, quando: a) para 20% de desbaste, com custos de implantação de até R\$6.286 ha⁻¹, R\$7.872 ha⁻¹, R\$9.458 ha⁻¹, R\$11.044 ha⁻¹, R\$12.630 ha⁻¹ e R\$14.216 ha⁻¹ e receitas previstas com venda de madeira em pé de R\$500 m⁻³, R\$600 m⁻³, ...maçã e R\$1.000 m⁻³, respectivamente (*Custo máximo de implantação* = -1644,00 + 15,86 *Preço de venda*, R² = 0,999) e; b) para 30% de desbaste, com custos de implantação de até R\$5.493 ha⁻¹, R\$7.872 ha⁻¹, R\$10.251 ha⁻¹, R\$12.630 ha⁻¹, R\$15.009 ha⁻¹, R\$17.388 ha⁻¹, R\$19.767 ha⁻¹ e R\$22.146 ha⁻¹ e receitas previstas de R\$300 m⁻³, R\$400 m⁻³, ... e R\$1.000 m⁻³, respectivamente (*Custo máximo de implantação* = -1644,00 + 23,79 *Preço de venda*, R² = 0,999). No outro extremo, custos de aquisição de mudas podem ser reduzidos com a compra de sementes e investimento na própria produção de mudas.

A análise de diferentes simulações evidenciou que o primeiro desbaste pode ser inviabilizado economicamente quando realizado tardiamente. O VPL, antes positivo aos 4 e 5 anos, se tornou negativo com corte de 30% do volume aos 6 anos de idade na simulação do Cenário C3 + demais custos anuais de manutenção de R\$160 ha⁻¹ (Tabela 2). Este resultado possui grande importância prática, pois a simulação de fluxos de caixa previamente definidos é essencial para fundamentar decisões estratégicas para a aplicação de desbastes com retornos do capital investido logo com na primeira colheita parcial.

O VPL e a TIR mostraram que são ferramentas eficientes para a análise de investimentos, fornecendo informações úteis para o manejo florestal. A definição da idade para a realização do primeiro desbaste fundamentada em aspectos econômicos é de grande interesse comercial para empreendedores cujo propósito principal é a maximização dos lucros. Os resultados obtidos fornecem subsídios importantes para o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre a viabilidade econômica do cultivo *K. ivoresnsis* em diferentes densidades de plantio e sistemas silviculturais.

5 CONCLUSÃO

A silvicultura de *K. ivorensis* em regiões que apresentam clima do tipo Aw, pode ser uma alternativa viável para diversificação da renda, absorção de mão de obra e, melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais.

A estimativa de lucro do primeiro desbaste em monocultivos de *K. ivorensis* é maximizada quando aplicado aos 5 anos de idade caso os valores de custos e receita estejam inclusos nos intervalos de simulação em estudo.

O planejamento do percentual de volume desbastado pode ser realizado adotando critérios econômicos como o VPL e a TIR. Para que haja retorno do capital investido logo no primeiro desbaste aos 5 anos idade de *K. ivorensis*, a estimativa percentual do volume desbastado pode ser obtida em função do preço de venda da madeira em pé para diferentes TMA.

REFERÊNCIAS

- ACUNA, M.; NAVARRO-CERRILLO, R. M.; RUIZ-GÓMEZ, F.; LARA-GÓMEZ, M.; PÉREZ-ROMERO, J.; VARO-MARTÍNEZ, M. Á.; PALACIOS-RODRÍGUEZ, G. How does carbon pricing impact optimal thinning schedules and net present value in Mediterranean pine plantations? **Forest Ecology and Management**, v. 482, 118847, 2021.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, T. R.; CORDEIRO, S. A.; OLIVEIRA, M. L. R.; LACERDA, K. W. S.; MENDES, R. T. Influência do custo da terra na viabilidade econômica de plantios de eucalipto no Vale do Jequitinhonha – MG. **Reflexões Econômicas**, v. 1, n. 1, p. 131-151, 2015.
- BONAZZA, M.; DOBNER JR., M.; NOVACK JR., M.; SAMPIETRO, J. A.; ARCE, J. E.; WOJCIECHOWSKI, J. Desempenho operacional e custos de desbaste pré-comercial semimecanizado em *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, e3064, 2020.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 5. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2017. 636p.
- CARNEIRO, J. G. A. **Princípios de desramas e desbastes florestais**. Campos de Goytacazes: O coordenador, 2012. 96p.
- CHAIKAEW, P.; ADEYEMI, O.; HAMILTON, A. O.; CLIFFORD, O. Spatial characteristics and economic value of threatened species (*Khaya ivorensis*). **Scientific Reports**, v. 10, 6266, 2020.
- COELHO, R. M.; LEITE, A. M. P.; LEONEL, M. S.; MATUDA, J. J.; FREITAS, L. C. Avaliação econômica do uso da madeira de eucalipto para diferentes finalidades na região do Alto Jequitinhonha, MG. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 155-164, 2016.
- COVRE, W. P.; PEREIRA, W. V. S.; GONÇALVES, D. A. M.; TEIXEIRA, O. M. M.; AMARANTE, C. B.; FERNANDES, A. R. Phytoremediation potential of *Khaya ivorensis* and *Cedrela fissilis* in copper contaminated soil. **Journal of Environmental Management**, v. 268, 110733, 2020.
- INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – ITTO. **Biennial review of the world timber situation**, 2017.
- KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimate**. Berlin: Gerbrüder Bornträger, 1936. 44p.
- LOPES, L. S. S.; RODE, R.; PAULETTO, D.; BALONEQUE, D. D.; SANTOS, F. G.; SILVA, A. R.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Uso de regressão e redes neurais artificiais na estimativa do volume de *Khaya ivorensis*. **Brazilian Journal of Wood Science**, v. 11, n. 2, p. 74-84, 2020.
- MACPHERSON, M. F.; KLECZKOWSKI, A.; HEALEY, J. R.; HANLEY, N. The effects in disease on optimal forest rotation: a generalizable analytical framework. **Environmental Resource Economics**, v. 70, p. 565-588, 2018.

MARTINS, N. S. **Fertilização de segunda rotação**: produção volumétrica equivalente à primeira rotação. 2019. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

MAYRINCK, R. C.; FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, X. M.; LIMA, R. R. A comparison of diameter distribution models for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil. **Southern Forests**, p. 1-8, 2018.

MORAES, M. D. A.; SILVA, M. F.; BARBOSA, P. V. G.; MARQUES, R.; SILVA, R. T.; SETTE JÚNIOR, C. R. Characterization of *Khaya ivorensis* (A. Chev) biomass, charcoal and briquettes. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 121, p. 34-44, 2019.

RESQUIN, F.; NAVARRO-CERRILLO, R. M.; CARRASCO-LETELIER, L.; RACHID-CASNATI, C. Influence of age and planting density on the energy content of *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii* and *Eucalyptus grandis* planted in Uruguay. **New Forests**, v. 51, p. 631–655, 2020.

SAARINEN, N.; KANKARE, V.; YRTTIMAA, T.; VILJANEN, N.; HONKAVAARA, E.; HOLOPAINEN, M.; HYYPPÄ, J.; HUUSKONEN, S.; HYNYNEN, J.; VASTARANTA, M. Assessing the effects of thinning on stem growth allocation of individual Scots pine trees. **Forest Ecology and Management**, v. 474, 118344, 2020.

SANTOS, L. H. O.; ALEXANDRE, F. S.; MENDOZA, Z. M. S. H.; SOUZA, E. C.; BORGES, P. H. M.; MARIANO, R. R.; DIAZ, L. M. G. R.; NUNES, C. A. Características químicas e físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 361-366, 2020.

SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. Equações hipsométricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 262-368, 2016.

SOUZA, A. P. **Produção de madeira de eucalipto em propriedades rurais no Alto Jequitinhonha – MG**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

SSEREMBAM, O. E.; MUGABI, P.; BANANA, A. Y.; WESSELS, B. C.; PLESSIS, M. Variation of basic density, calorific value and volumetric shrinkage within tree height and tree age of Ugandan grown *Eucalyptus grandis* wood. **Journal of Forestry Research**, v. 31, p. 503–512, 2021.

STOENCHEV, N.; KOLEV, K.; ILIEV, N.; HRISCHEVA, Y. Comparative characteristics of the rate of return on investments in a forest plantation and other real estates in Bulgaria. **Forestry Ideas**, v. 26, n. 2, p. 289-301, 2020.

VITALE, V.; MIRANDA, G. M. análise comparativa da viabilidade econômica de plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2010.

YANG, H.; CHOI, H. T.; LIM, H. E Effects of forest thinning on the long-term runoff changes of coniferous forest plantation. **Water**, v. 11, 2301, 2019.