

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA FLORESTAL

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SIMULAÇÕES DE DESBASTES EM UM  
POVOAMENTO DE *Khaya* spp.**

MARIA FERNANDA VIEIRA FONSECA

Montes Claros, MG

2022

MARIA FERNANDA VIEIRA FONSECA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SIMULAÇÕES DE DESBASTES EM UM  
POVOAMENTO DE *Khaya* spp.**

Trabalho de conclusão de curso II, apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Christian Dias Cabacinha  
Coorientadora: Mayra Souza Costa

Montes Claros, MG  
2022

MARIA FERNANDA VIEIRA FONSECA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SIMULAÇÕES DE DESBASTES EM UM  
POVOAMENTO DE *Khaya* spp.**

Data de aprovação: 14/07/2022



---

Prof. Dr. Christian Dias Cabacinha – Orientador ICA/UFMG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela minha vida, e por me conceder forças para ultrapassar por todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Ao meu pai, Francisco Antônio Fonseca, por estar sempre ao meu lado, não só neste momento da minha vida, mas em todos os momentos que esteve me apoiando, dando conselhos, “puxando” a orelha sempre que necessário, por orar pela minha vida e principalmente por me proporcionar tudo e sempre mais do que o que era necessário, além de toda a preocupação que sempre tem comigo por passar tanto tempo na Universidade.

À minha mãe, Diana Vieira Moreira da Fonseca por compreender minhas ausências em certas ocasiões devido a realização do curso.

À minha irmã Maria Eduarda Vieira Fonseca, por todas as gritarias que ela faz dentro de casa, mas também pelo companheirismo, amizade e carinho que ela tem com a “Fê” dela.

Aos meus familiares no geral, avôs, avós, tios, tias, primos e primas por sempre terem tido orgulho e acreditado no meu potencial.

Ao Professor Christian Cabacinha, por me acompanhar no meu percurso curricular do início ao fim me incentivando e ensinando sobre tudo da melhor forma possível e me proporcionar experiências que jamais serão esquecidas, que além de ser o melhor orientador sempre foi amigo e conselheiro.

À minha amiga e dupla da vida, Naila Thaianne Rodrigues Leão por sempre ter sido companheira nos momentos bons e ruins do curso e da vida, por sempre me proporcionar boas risadas e dividir dos mesmos neurônios comigo, e por confiar nas minhas loucuras e participar delas comigo.

Às minhas amigas Nadine, Ívina, Camila, e Bianca por sempre serem companheiras, fiéis e por compartilharmos as melhores conversas no nosso grupo “Bonde das maravilhas”.

Ao meu amigo Mateus Felipe pela amizade que foi construída ao longo do curso, por ter feito o papel de “irmão chato”, por sempre ser companheiro, pelas conversas, pelas muitas risadas, por fazer de nossas famílias uma só, e, por sermos a nossa família aqui em “MOC”.

Aos meus companheiros da “Ana”, por principalmente nesse último semestre terem feito parte da minha vida, compartilhando histórias e momentos que jamais serão esquecidos, principalmente aos meus amigos Marcelo Muniz e “Banana” pelo companheirismo e por tirarem as mais sinceras risadas e por sempre se preocuparem comigo.

À minha Universidade do coração UFMG-ICA por me permitir viver todos os momentos e por ter as pessoas mais incríveis dentro dela.

Agradeço a todos que passaram pela minha vida nesses últimos 5 anos e meio e que de forma direta ou indireta contribuíram com minha formação, sou grata à todos e grata principalmente a mim, porque sem eu nada disso seria possível.

Obrigada!!!!

## RESUMO

O presente estudo teve como foco central realizar a otimização do corte de árvores para múltiplos produtos do gênero em três sítios diferentes nos cenários de desbastes testados e comparar os resultados obtidos considerando um cenário sem desbastes e aplicando diferentes taxas de desconto. Foram simulados dois tipos de desbastes, sendo eles o desbaste seletivo por baixo e desbaste sistemático considerando cenários com 50% de remoção dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, remoção de 35% dos indivíduos com 12 anos nos dois desbastes, 15% de remoção apenas com desbaste seletivo por baixo aos 16 anos e corte final aos 20 anos. Posteriormente estimou-se as estruturas diamétricas nas idades de desbaste até o corte final, tendo como ponto de partida uma estrutura prognosticada aos 12 anos que permitiu a realização da prognose para o próximo desbaste ou para o corte final com base em cada cenário. Após esta etapa, foi simulado o corte das árvores para múltiplos produtos em laminado; compensado; madeira serrada; madeira roliça e resíduos. Com as estimativas dos sortimentos, com valores de volume, número de toras e preço médio dos produtos foi realizada uma análise financeira através do cálculo do Valor Presente Líquido Infinito ( $VPL_{\infty}$ ), Valor Presente Líquido (VPL), Valor Futuro Líquido (VFL), Valor Esperado da terra (VET) e razão custo benefício (B/C) para as taxas de desconto de 8%, 12% e 14% ao ano. Foi possível concluir que o cenário de desbaste sistemático retorna maiores receitas brutas. Na taxa de 8% de desconto, todos os sítios são viáveis economicamente no corte final aos 20 anos sem desbaste. E, por fim, para as taxas de 12 e 14% de desconto remover 50% das árvores sistematicamente aos 12 anos e corte final aos 20 anos é a opção mais viável economicamente para o sítio 1.

**Palavras chave:** mogno africano, múltiplos produtos, análise econômica.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Mapa da Fazenda Retiro Novo. Em preto está o destaque para os limites da propriedade e em vermelho o posicionamento das parcelas.....	18
<b>Figura 2:</b> Procedimento de medição de DAP's. ....	20
<b>Figura 3:</b> Procedimento de medição de alturas e cubagem em pé, utilizando o Criterion RD 1.000.....	20
<b>Figura 4:</b> Criterion RD 1.000. ....	21
<b>Figura 5:</b> Fluxograma de organização e controle do processamento de dados. ....	21
<b>Figura 6:</b> Gráficos dos três sítios com 50% de remoção aos 12 anos com desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos. ....	25
<b>Figura 7:</b> Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 com desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos. ....	26
<b>Figura 8:</b> Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 e 16 anos com corte final aos 20 anos. ....	27
<b>Figura 9:</b> Gráficos dos três sítios com 50% de remoção aos 12 anos com desbaste sistemático e corte final aos 20 anos. ....	28
<b>Figura 10:</b> Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 e 16 anos com desbaste sistemático e corte final aos 20 anos. ....	29
<b>Figura 11:</b> Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção com corte final aos 20 anos. ....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Caracterização dos talhões inventariados. ....	19
<b>Tabela 2:</b> Sortimentos de madeira e preços de venda para mogno africano.....	24
<b>Tabela 3:</b> Custos gerais para o plantio e manutenção de mogno africano.....	24
<b>Tabela 4:</b> Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando desbaste seletivo por baixo.....	31
<b>Tabela 5:</b> Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando desbaste sistemático. ....	32
<b>Tabela 6:</b> Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos. ....	33
<b>Tabela 7:</b> Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste sistemático, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos.....	35
<b>Tabela 8:</b> Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 100% dos indivíduos de 20 anos.....	37
<b>Tabela 9:</b> Viabilidade econômica para o cenário 1 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%. ....	38
<b>Tabela 10:</b> Viabilidade econômica para o cenário 2 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.....	38
<b>Tabela 11:</b> Viabilidade econômica para o cenário 3 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.....	39
<b>Tabela 12:</b> Viabilidade econômica para o cenário 4 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.....	40
<b>Tabela 13:</b> Viabilidade econômica para o cenário 5 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS

IBF	- Instituto Brasileiro de Florestas
ABPMA	- Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano
IUCN	- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
IMA	- Incremento Médio Anual
ICA	- Incremento Corrente Anual
IP	- Incremento Periódico
IPA	- Incremento Periódico Anual
DAP	- Diâmetro a 1,30 metros do solo
FDP	- Funções de densidade de probabilidade
VP	- Valor Presente Líquido
TIR	- Taxa Interna de Retorno
B/C	- Razão Benefício Custo
CMPr	- Custo Médio de Produção
IFC	- Inventário Florestal Contínuo
ha	- Hectare
m	- Metros
m <sup>2</sup>	- Metros quadrados
m <sup>3</sup>	- Metros cúbicos
HT	- Altura total
MDA	- Média das diferenças absolutas
ITTO	- International Tropical Timber Organization
ryy	- Coeficiente de correlação entre valores observados e valores estimados da variável dependente
UU\$	- Dólar americano
BRL	- Real
EMATER Gerais	- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
VPL $\infty$	- Valor Presente Líquido Infinito
VFL	- Valor Futuro Líquido
VET	- Valor Esperado da terra

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1	O gênero <i>Khaya</i> spp. ....	12
2.2	Crescimento e Produção.....	13
2.3	Desbastes.....	15
2.4	Classificação e Qualidade de Sítio .....	16
2.5	Funções de <i>Taper</i> ou afilamento .....	16
2.6	Avaliação econômica.....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1	Área de estudo .....	18
3.2	Coleta de dados .....	19
3.3	Análise de dados .....	21
3.4	Processamento dos dados .....	21
3.5	Simulações de desbastes .....	22
3.6	Estimativas das estruturas diamétricas no momento do desbaste até o corte final .....	22
3.7	Estimativa e análise de sortimentos.....	23
3.8	Avaliação econômica.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
4.1	Simulações de desbastes .....	25
4.1.1	Simulação de desbaste seletivo por baixo .....	25
4.1.2	Simulação de desbaste sistemático .....	28
4.2	Otimização de múltiplos produtos.....	31
4.2.1	Estimativas de múltiplos produtos para o corte final aos 20 anos sem desbaste.....	37
4.3	Avaliação econômica.....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mogno africano (*Khaya spp.*) produz madeira com qualidade e alto valor comercial, oferecendo uma madeira nobre de grande potencial econômico para comercialização interna e externa, podendo ser empregada na indústria moveleira, naval, construção civil, painéis e laminados, entre outros usos (PINHEIRO et al., 2011). É uma espécie que tolera grande variação climática, pelo elevado potencial adaptativo (FIGUEIREDO et al., 2005), o mogno africano tem apresentado boa adaptação em grande parte do território brasileiro (MATHIAS, 2012), a espécie madeireira exótica que exhibe melhor crescimento no Brasil (TEIXEIRA, 2011).

Os primeiros plantios de mogno africano chegaram ao norte do Brasil no ano de 1976 (RIBEIRO; FERRAZ; SCOLFORO 2017). Embora os plantios comerciais de mogno africano ainda sejam jovens, há muitas expectativas sobre sua rentabilidade. Devido à promessa de alta rentabilidade esses plantios tem se disseminado pelo país, no ano de 2018 os plantios ultrapassaram cerca de 37 mil hectares, o Brasil possui a maior área plantada do gênero, o que contribuirá, em alguns anos, com o aumento da oferta de madeira para as indústrias moveleiras.

Com a introdução dessa espécie no Brasil nos últimos tempos, há uma grande necessidade de estudos mais aprimorados sobre seu desenvolvimento, produção, análises econômicas, resultados dos sistemas silviculturais adotados, isto é, existe necessidade de estudos que forneçam informações para a tomada de decisão na condução do gênero (RIBEIRO; FERRAZ; SCOLFORO 2017), devido à poucas informações já publicadas, necessitando de estudos quantitativos que contribuam para o conhecimento biológico do seu desenvolvimento e para confirmação do estabelecimento da espécie no Brasil.

Por ser uma espécie de madeira nobre e com um alto valor agregado, é fundamental que haja um planejamento florestal muito acurado para as estimativas de estoque presente e futuro de madeira para que auxilie na adequada utilização dos recursos florestais (SANTOS et al., 2019). Ponderando a importância do mogno africano e havendo uma necessidade do suprimento de madeiras para o abastecimento do mercado, quantificação do estoque de toras e conhecimento de suas distintas possibilidades de uso torna-se fundamental para o manejo adequado um estudo de sortimento para a espécie.

Conhecer o volume de madeira presente em um povoamento florestal é de extrema importância, além disso a atual realidade do setor florestal requer a quantificação e qualificação dos diferentes produtos madeireiros advindos daquele povoamento florestal. O sortimento é uma forma de definir o aproveitamento de uma árvore para diferentes finalidades a partir de funções de afilamento que permitem estimar o diâmetro a qualquer altura, a altura a qualquer diâmetro, bem como o volume a qualquer altura especificada (MIGUEL et al., 2011).

Cada árvore é capaz de gerar diferentes produtos e esses produtos de acordo com o mercado, possuem preços e custos diferentes, onde é vista a necessidade de tomadas de decisões multidisciplinares e estruturadas dentro do inventário, manejo florestal, avaliação econômica e métodos matemáticos. As árvores não devem ser cortadas sem que antes haja um nível adequado de precisão quanto aos tipos de produtos que podem ser obtidos dentro daquele determinado povoamento. O conhecimento do potencial de produção de um local (sítio florestal) é um dos principais fatores para sustentar a correta tomada de decisão. O sítio florestal é a resposta de determinada espécie às condições fornecidas pelo local em que se encontra. De acordo com Pego et al. (2015), a avaliação da capacidade produtiva de um sítio deve ser feita, para subsidiar a modelagem de crescimento e produção.

A modelagem diamétrica junto com a aplicação de uma função de *taper* ou função de afilamento, permite a obtenção de informações biológicas e econômicas de povoamentos florestais, permitindo avaliar detalhadamente o rendimento da floresta e fornecer conhecimento do sortimento florestal, para o planejamento o uso de diferentes matérias produzidas (RIBEIRO et al., 2018). Em povoamentos desbastados, o desbaste serve para proporcionar um maior espaço de crescimento para as árvores remanescentes, aumentando a produção da madeira utilizável no decorrer do ciclo e também para garantir a produção contínua de madeira.

Hoje, pelos plantios de mogno africano serem relativamente novos no Brasil, pouquíssimos estudos são encontrados a respeito de informações técnicas, como o retorno econômico que a espécie trará aos produtores. Este retorno econômico visa ser o mais compatível com as limitações impostas à qualidade da matéria-prima e muitos outros fatores. Encontra-se na literatura florestal, poucos estudos que tragam conhecimento sobre as possibilidades de uso, múltiplos produtos, quantificação e estoque de toras.

Neste contexto, este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica dos sortimentos obtidos para um povoamento de *Khaya spp.* no norte de Minas Gerais em diferentes cenários de desbastes e comparar os resultados obtidos considerando um cenário sem desbastes e diferentes taxas de desconto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O gênero *Khaya* spp.

O gênero *Khaya* pertence à família botânica meliaceae, é nativo da África, pertencente ao reino plantae, filo tracheophyta, classe magnoliopsida, e ordem sapindales (IUCN, 2018). Segundo Pinheiro et al. (2011), as espécies de interesse do gênero *Khaya* no território brasileiro para a implantação de plantios e que melhor se adaptam, devido as condições parecidas ao de suas espécies nativas que são: *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC., *Khaya grandifoliola* C. DC., *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.

Na África, essas quatro espécies do gênero *Khaya* estão enfrentando um alto risco de extinção na natureza pela redução de suas populações nativas, e são classificadas como “vulneráveis A1cd de extinção” pela Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2018).

O mogno africano é uma essência florestal nativa das regiões de florestas tropicais úmidas da África Ocidental, tal espécie, tem sido cada vez mais introduzida no Brasil, principalmente como componente arbóreo de sistemas agroflorestais (SAFs), graças ao seu rápido ritmo de crescimento e ao elevado valor econômico de sua madeira, altamente apreciada no mercado interno e externo (PINHEIRO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2017).

Os plantios de mogno no Brasil da espécie *Swietenia macrophylla* enfrentam grandes dificuldades, impostas pela Broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella*), que destrói a gema apical das plantas, provocando deformação nelas e por consequência, depreciando a madeira (NEWTON et al., 1993). Com base nesses fatores têm sido amplamente recomendado plantios comerciais de mognos exóticos no Brasil (FALESI; BAENA, 1999; CASTRO et al., 2008). A resistência da *Khaya* à *Hypsipyla grandella*, aliada à inexistência da *Hypsipyla robusta*, praga que ataca a espécie em sua área de ocorrência natural (ROBERTS, 1966), e as condições ambientais parecidas com as encontradas no continente africano permitem ao Brasil o estabelecimento de plantios comerciais dessa espécie.

Os plantios das espécies com o gênero *Khaya* vem se tornando representativos no Brasil. A boa adaptação das espécies de mogno africano às condições edafoclimáticas do país, com destaque para a espécie *Khaya ivorensis*, tem colaborado para atrair produtores (ABPMA, 2017).

Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), o mogno africano está entre as madeiras nobres mais cultivadas no Brasil devido ao alto retorno financeiro e a rentabilidade da madeira que possui tom rosado e castanho-avermelhado, podendo ser usada em movelaria, uso ornamental, construção civil e naval, entre outras finalidades. O mogno africano chegou às terras brasileiras na década de 70, mas foi difundido apenas na década de 80 e 90 com plantios experimentais promovidos pela Embrapa em diversas regiões do Brasil. No estado de Minas Gerais concentram os maiores plantios, e também está localizado o polo florestal de Pompéu, região central do estado onde o IBF administra grandes áreas de plantio.

O comércio do mogno africano é consolidado devido às características tecnológicas e à beleza de sua madeira, utilizada na indústria moveleira, na construção naval e em sofisticadas construções de interiores (AGBEDAHUNSI et al., 2004; WARD et al., 2008; OPUNI-FRIMPONG et al., 2008). A madeira do gênero *Khaya* é muito valorizada no mercado internacional: o valor do metro cúbico de toras nativas chega a aproximadamente US\$ 1 mil, conforme registros de importação e exportação de

diferentes produtos de madeira do gênero *Khaya* publicados pela International Tropical Timber Organization (ITTO).

De acordo com Ribeiro et al. (2017), o Brasil sempre foi destaque em termos silviculturais de espécies arbóreas e pelo rápido crescimento dessas, o que pode ser comprovado pelos os plantios jovens de mogno africano com crescimento satisfatório no estado de Minas Gerais, atingindo valores de altura média de  $3 \text{ m.ano}^{-1}$  e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de  $4 \text{ cm.ano}^{-1}$ , próximo aos 5 anos de idade e pelo bom desenvolvimento de plantios de mogno africano mais velhos, plantados no Pará.

A idade de corte final para plantios de mogno africano ainda é incerta, mas alguns especialistas em manejo florestal indicam o corte final em torno dos 20 anos (Santos et al., 2019). No que se refere à produtividade florestal, o clima é um dos fatores que pode afetá-la diretamente, sendo este, uma variável que menos possibilita intervenções, pois permite algum controle apenas em cultivo protegido ou em áreas pequenas, nos quais se justificam investimentos financeiros (RIBEIRO, 2009). As variáveis climáticas são influenciadas pelo relevo, altitude e exposição das serras (SIQUEIRA et al., 2004), sendo o clima, um fator limitante e condicionante em geral do cultivo das espécies florestais. As áreas aptas possuem características peculiares do meio físico (clima e solo) e das necessidades ecofisiológicas das espécies de interesse (FRITZSONS et al., 2012).

A carência de informações que retratem condições ideais para a implantação da cultura do mogno africano implica menor produção e, conseqüentemente, prejuízos financeiros. O zoneamento edafoclimático constitui uma importante ferramenta, contribuindo na realização de um cultivo planejado, sendo que, a utilização dos recursos naturais de forma racional reflete na otimização dos investimentos, sendo necessário buscar atualizações que venham elevar a produtividade e minimizar custos e riscos que comprometam a atividade (ROCHA, 1997; SEDYIAMA et al., 2001).

Mesmo com essa crescente representação ainda são poucas as pesquisas técnico-científicas da cultura. Por este fato torna ainda mais difícil seu cultivo no Brasil. A nível mundial são encontrados diversos trabalhos estudando aspectos silviculturais da espécie, mas com relação ao crescimento da espécie existem poucas informações publicadas, sendo que no Brasil o crescimento tem se mostrado satisfatório quando comparado ao reportado em outros locais do mundo (RIBEIRO et al., 2014).

Pela tão expressa escassez de informações sobre o cultivo, crescimento e produção do mogno africano no Brasil, se vê necessário cada vez mais a realização de estudos referentes a essa cultura, principalmente sobre a viabilidade dos plantios e as melhores técnicas de manejo e de silvicultura que devem ser empregadas com objetivo de aperfeiçoar a sua produção (RIBEIRO et al., 2017).

## 2.2 Crescimento e Produção

Para o gerenciamento de florestas é necessário que haja a capacidade de compreensão sobre os processos de crescimento e produção, para que sejam tomadas decisões pela prognose de produções futuras a partir de informações correntes. O crescimento é caracterizado por mudanças na forma e tamanho do tronco adicionando novas camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso. Já a produção expressa a quantidade total de volume em um determinado tempo (CAMPOS E LEITE, 2017).

Os estudos de crescimento e produção são essenciais dentro do manejo florestal, e o que ocorre é a projeção dos estoques de colheita ao longo dos planejamentos pré-estabelecidos para a regulação da produção. São quatro os tipos mais usuais de crescimento florestal, sendo eles, o Incremento Médio Anual (IMA), Incremento Corrente

Anual (ICA), Incremento Periódico (IP), e Incremento Periódico Anual (IPA), (CAMPOS E LEITE, 2017).

De acordo com Campos e Leite (2017): incremento corrente (aumento da produção no período de um ano ou um mês), incremento médio (taxa média de aumento da produção até uma certa idade), incremento periódico (diferença entre produções observadas em duas idades quaisquer) e incremento periódico anual, que é o incremento periódico dividido pelo intervalo de tempo entre as duas produções mencionadas.

Conhecer os tipos de crescimento é importante para o estabelecimento de planos de manejo e análise de problemas de decisão sobre aplicação de práticas silviculturais como o desbaste. Os tipos de crescimento podem ser diferenciados em função da aplicação de desbastes e da ocorrência de mortalidade. A mortalidade é o número de árvores existentes inicialmente no plantio e que morreram em algum momento.

Na mensuração florestal os modelos de crescimento e produção podem ser representados por um ou mais modelos estatísticos; equações; tabelas e gráficos. Um modelo de crescimento e produção pode ser constituído de uma ou mais equações que incluem variáveis independentes que são empregadas para estimar o crescimento e produção e se torna essencial para avaliar alternativas de manejo.

Scolforo (1994) diz que o crescimento de uma árvore está baseado no aumento dos elementos dendrométricos, devido à atividade biológica da planta. Alguns fatores irão afetar o crescimento de uma árvore, como os climáticos, pedológicos, topográficos, biológicos e pela própria competição de outras árvores, além de fatores técnicos como desbastes e podas (ENCINAS et al., 2005; KANIESKI et al., 2012).

As estimativas de crescimento e produção são utilizadas para estimar a produtividade média, idade técnica de corte e taxas de crescimento (KIVISTE e CONZÁLEZ, 2002). Davis e Johnson (1987), classificou os modelos de crescimento e produção em três tipos, sendo eles: modelos de distribuição de diâmetros (MDD), que permitem estimar frequência e produção por classe de diâmetro, modelos em nível de árvores individuais (MAI), que estimam frequência e produção por árvore individual e modelos em nível de povoamento (MNP), que estimam a produção em nível de povoamento.

De acordo com Campos e Leite (2017), as produções obtidas por classe de DAP (MDD) e por árvore individual (MAI) podem ser somadas para obter a produção em nível de povoamento. Independentemente da categoria existem duas abordagens para a modelagem do crescimento e da produção: estratificação mais intensa e emprego de funções de crescimento com poucas variáveis independentes (somente a idade ou a idade e o índice de sitio) e estratificação menos intensa seguida do ajuste de modelos contendo mais variáveis independentes (por exemplo, idade, índice de sítio e área basal).

No Brasil predomina-se o uso de MNP, pois, na maioria das vezes o interesse do usuário é estimar apenas um ou dois tipos de sortimentos, em nível de povoamento. E se o objetivo é estimar a produção para diferentes usos da madeira, sem informar sobre dimensões das toras ou sobre multiprodutos, então um MNP é suficiente, desde que sejam incluídas variáveis na modelagem, ou equações de razão entre produções para os diferentes usos (CAMPOS e LEITE, 2017).

Sendo assim, podemos entender que o uso dos MAI e MDD são necessários apenas quando houver necessidade de diferenciar a produção por classe de tamanho das toras ou de estimar a produção de sortimentos da madeira, onde é importante em situações em que hajam interesse nos múltiplos produtos advindos dessa madeira, onde a principal característica dos MDD são o emprego de uma função de densidade de probabilidade (FDP). É muito comum o uso da FDP de Weibull uma das mais utilizadas nessa

modelagem, por sua flexibilidade e por se adaptar bem a diferentes tendências de distribuição.

### 2.3 Desbastes

O desbaste é a remoção de uma proporção de árvores dentro do povoamento florestal, serve para proporcionar um maior espaço de crescimento para as árvores remanescentes, aumentando a produção de madeira utilizável no decorrer do ciclo e também para garantir a produção contínua de madeira. As decisões de desbaste incorrem sobre os objetivos do proprietário, o mercado e o custo de execução. (CAMPOS e LEITE, 2017). O desbaste é uma importante prática que controla a competição e a interação com os demais elementos do povoamento. Quando aplicado ocorre maior crescimento individual em diâmetro das árvores remanescentes, devido ao maior espaço disponível para o desenvolvimento (WEBER et al., 2013). O aumento do espaço aéreo entre as copas, permite uma maior entrada de luz, aumentando a produção fotossintética por área plantada (RIBEIRO; SITO, 2012).

De acordo com Campos e Leite (2006) a intensidade dos desbastes junto ao ciclo, possuem efeitos decisivos no valor e no desenvolvimento dos povoamentos, trazendo benefícios como a redução do tempo em que se produz árvores de grandes diâmetros e tronco uniforme e também, um maior rendimento volumétrico no processamento da madeira, produzindo troncos com a qualidade desejada referente à forma, sanidade e aspecto da madeira.

Os desbastes são realizados para se obter respostas sobre quando e quanto desbastar, e também, sobre os efeitos que o desbaste causará sobre o crescimento, produção e qualidade da madeira nos povoamentos. O corte de algumas árvores em povoamentos, serve para acumular os fatores de crescimento em árvores que provavelmente ficarão até o corte final resultando em um efeito direto sobre as tendências de crescimento em um povoamento, tendências essas que dependem do tipo do desbaste. O tipo do desbaste significa a maneira em que as árvores serão removidas, e estes podem ser seletivos ou sistemáticos (CAMPOS E LEITE, 2006).

O desbaste seletivo por baixo, consiste na retirada dos indivíduos com qualidade inferior à dos outros indivíduos da população, comparando com o crescimento, a ocorrência de tortuosidade, bifurcações, doenças e algumas outras características que são indesejáveis àquele plantio. O desbaste seletivo por baixo, é um desbaste de baixa intensidade. De acordo com Campos e Leite (2006), desbaste seletivo é aquele em que as árvores são removidas, ou não, de acordo com sua qualidade e envolve, quase sempre, a remoção inicial de indivíduos suprimidos e dominados, gerando a abertura do dossel favorecendo o desenvolvimento das melhores árvores para uniformizar o povoamento.

Segundo Campos e Leite (2017), o desbaste sistemático é aquele em que há a remoção de árvores de acordo com um sistema predeterminado, sem que haja nenhuma informação sobre a qualidade das mesmas. O desbaste sistemático é comumente mais barato e fácil de ser realizado, mas as vezes resulta em corte por falta ou excesso, isto é, remoção de árvores tecnicamente adequadas e manutenção de árvores tecnicamente inadequadas. De acordo com Rollinson (1988), esse tipo de desbaste só deve ser considerado quando os custos forem diminuídos em relação ao desbaste seletivo ou forem maiores que as perdas financeiras de futuros retornos por usar a sistematização.

## 2.4 Classificação e Qualidade de Sítio

A qualidade ou capacidade produtiva do local, podem ser definidas como o potencial produtivo de madeira ou de um produto para um determinada espécie ou clone. Podendo ser expresso de forma empírica (alta, média e baixa) ou de forma quantitativa como o índice de local (S). A influência para essa qualidade vem da somatória dos aspectos climáticos e edáficos do local (CAMPOS e LEITE, 2017).

A avaliação da qualidade do sítio florestal deve ser realizada preferencialmente de forma quantitativa para servir como subsídio para modelagem de crescimento e produção. De forma geral, a avaliação quantitativa de índice de sítios deve ser objetiva, de fácil obtenção e livre de influências de densidade do povoamento (DIAS et al., 2005). A determinação da qualidade do sítio pode ser realizada de maneira direta, quando a capacidade produtiva é medida através do crescimento da floresta e indireta quando a capacidade produtiva é estimada a partir de atributos do sítio (SCOLFORO, 2006).

De acordo com Campos e Leite (2017) a classificação por índice de local é um método prático e consiste na avaliação da qualidade do local. Todos os fatores ambientais são refletidos de maneira interativa no crescimento em altura e em volume. A classificação da capacidade produtiva pode ser feita utilizando outras variáveis do povoamento, como por exemplo, o diâmetro das árvores dominantes quando o povoamento é superestocado e apresenta baixa incidência de mortalidade, não sendo muito afetado pela competição.

Existem muitos métodos em que se é possível construir curvas de índice de sítio, sendo alguns: método da curva-guia, equação das diferenças ou diferença algébrica, Hammer e predição de parâmetros. Contudo, um dos mais empregados é o método da curva-guia, possuindo uma melhor aplicabilidade com resultados satisfatórios para florestas plantadas (MIGUEL et al., 2011; PEGO; ASSIS; CABACINHA, 2015; RETSLAFF et al., 2015; SILVA, 2017).

## 2.5 Funções de *Taper* ou afilamento

O afilamento do fuste (*Taper*) é aplicado para expressar a taxa de decréscimo do diâmetro ao longo do fuste. O *taper* se baseia em equações que permitem estimar o diâmetro em qualquer altura ao longo do fuste a partir de algumas variáveis como o DAP e a altura total. As equações de *taper* também servem para estimar a altura onde um diâmetro ocorre e o volume de partes do fuste, quantificando multiprodutos da madeira (CAMPOS; LEITE, 2017).

Desde que haja uma regularidade na mudança do diâmetro, o perfil do tronco pode ser expresso por funções que são denominadas de funções de *taper*. Partindo dessas funções (equações) há a possibilidade de estimar diretamente o diâmetro em qualquer que seja a altura do fuste, por algumas transformações algébricas na equação, estima-se também o volume total da árvore ou o volume em qualquer seção do fuste e também, a altura total e comercial até um diâmetro definido (CAMPOS e LEITE, 2017).

Os modelos de *taper* mais usuais são os não segmentados e segmentados. Os modelos não segmentados se baseiam em um único modelo matemático que explica todo o perfil do fuste, e os modelos segmentados são baseados no arranjo de submodelos, cada um representando uma parte do fuste. A junção dos submodelos se dá por meio da imposição de restrições ao modelo geral ajustado para seções inferiores, médias e superiores do fuste (SOUZA, 2007). A modelagem diamétrica junto com a aplicação de uma função de *taper* permite a obtenção de informações biológicas e econômicas de

povoamentos florestais, permitindo avaliar detalhadamente o rendimento da floresta e fornecer conhecimento de sortimento florestal, para o planejamento o uso de diferentes matérias produzidas (RIBEIRO et al., 2018).

Os modelos não segmentados representam o fuste das árvores em uma única equação (ANDRADE; SCHMITT, 2017). Temos como exemplo modelos simples: Polinômio do Quinto Grau (SCHÖEPFER, 1966); Polinômio do Segundo Grau (KOZAK et al., 1969); Demaerschalk (1972); Ormerod (1973); Goulding e Murray (1976); Polinômio de Potências Fracionárias e Inteiras (HRADETZKY, 1976), Garay (1979) e Biging (1984).

De acordo com Campos e Leite (2017) o modelo que melhor representa o perfil do fuste é o modelo linear polinomial de Kozak et al., (1969). É um modelo em que seu ajustamento é relativamente fácil e além de tudo, é um modelo que traz precisão em suas estimativas. O modelo de Kozak, tem bom potencial para uso no Brasil (ANDRADE, 2014).

## 2.6 Avaliação econômica

Para a avaliação econômica em plantios florestais com foco na produção de madeira é necessário entender que diferente de outros cultivos, não há uma idade definida para a colheita da floresta. A madeira deverá ser colhida em seu momento ótimo, onde as características apresentadas nela como a idade, diâmetro e outros, atendam às exigências como produto no mercado consumidor a ser destinado.

A avaliação econômica é imprescindível para que haja critérios nas tomadas de decisão a respeito do empreendimento, indicando sítios e sistemas de manejo que sejam rentáveis ou não e que contribuam na tomada de decisão. A avaliação econômica de um investimento envolve o uso de técnicas e critérios que permitem analisar, comparar custos e receitas inerentes ao projeto, visando decidir sobre sua implementação (REZENDE E OLIVEIRA 2013).

Os critérios mais comumente usados para avaliar investimentos florestais são aqueles que ponderam a variação do capital ao longo do tempo, tais como o Valor Presente Líquido (VPL), Benefício Periódico Equivalente (BPE), Taxa Interna de Retorno (TIR), assim como o Valor Esperado da Terra (VET) (REZENDE; OLIVEIRA, 1993).

O VPL corresponde ao somatório dos valores do fluxo de caixa do investimento durante certo tempo, atualizados pela taxa de desconto considerada, ou seja, corresponde à soma algébrica das receitas atualizadas menos as despesas atualizadas. O investimento é considerado viável, ou seja, rentável se apresentar um valor atualizado positivo. Na escolha entre diferentes opções de investimentos a preferência recairá sobre o maior valor positivo, pois quanto maior o VPL mais atrativo será o investimento (POKORNY; FERREIRA; STEINBRENNER, 2011).

A Taxa Interna de Retorno expressa o rendimento efetivo do investimento, mostrando quando um investidor pode remunerar o seu capital ao aplicá-lo em uma certa atividade (POKORNY; FERREIRA; STEINBRENNER, 2011). Em uma análise financeira a TIR permite analisar se a rentabilidade da atividade é maior, menor ou igual ao custo do capital que será utilizado (REZENDE & OLIVEIRA; 2013).

A razão entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos para uma taxa de desconto. Deste modo quanto maior o valor da razão mais viável economicamente é o projeto. Sendo que tal método não leva em consideração a duração dos projetos, uma vez que considera apenas a relação entre receitas e custos (VITALE & MIRANDA, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

Os dados utilizados neste estudo foram coletados na fazenda Retiro Novo (Figura 1). Possui 245,96 hectares está localizada a aproximadamente 10 quilômetros do município de Corinto-MG.

O clima da região é caracterizado como tropical e classificado como Aw conforme a classificação de Köppen e Geiger. A temperatura média anual varia entre 22°C e 28°C onde a temperatura do mês mais quente varia entre 27,5°C e 30,5°C, e do mês mais frio varia entre 14,5°C e 19°C. A precipitação média anual está entre 800 a 1.200 mm. Normalmente ocorre um período de estiagem que pode variar de 4 a 7 meses, sempre no período mais frio no ano. A evapotranspiração potencial anual varia entre 1.100 a 1.200 mm, com déficit hídrico acentuado que pode chegar a 210 mm. Portanto, nota-se que existe pouca disponibilidade hídrica e má distribuição das chuvas na região do plantio.

A altitude média da região situa-se entre 500 a 700 metros. O relevo da propriedade pode ser caracterizado como plano a suave ondulado. A área do plantio não apresenta restrições a mecanização em nenhuma das etapas da produção de florestas plantadas. As declividades da área do plantio registradas são entre 0,5 a 4%. A propriedade está inserida dentro da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

**Figura 1:** Mapa da Fazenda Retiro Novo. Em preto está o destaque para os limites da propriedade e em vermelho o posicionamento das parcelas.



Fonte: Costa, 2022

### 3.2 Coleta de dados

A área da fazenda com o plantio de *Khaya* totaliza 172,97 hectares, dividido em 9 talhões, com diferentes idades e espaçamentos (Tabela 1). Este povoamento foi dividido em 3 sítios cujos valores dos índices de sítio são: 34,5 para o sítio 1; 29,5 para o sítio 2 e 24,5 para o sítio 3, estes valores foram definidos por Oliveira (2021) em um trabalho realizado anteriormente no mesmo povoamento. A base de dados para o desenvolvimento do estudo com diâmetros e alturas das árvores, foi retirada de inventários contínuos realizados nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021. Para realização dos inventários, foram alocadas de forma sistemática 37 parcelas (Figura 1) circulares com raio de 18 metros totalizando uma área de 1.018 m<sup>2</sup>. Este raio foi utilizado em decorrência dos diferentes espaçamentos da área, fazendo com que haja uma maior representatividade de árvores dentro das parcelas.

**Tabela 1:** Caracterização dos talhões inventariados.

TALHÃO	ESPAÇAMENTO (metros)	IDADE (anos)	ÁREA DO TALHÃO (ha)
1	5,0 X 4,0	9,83	5,55
2	4,5 X 5,0	9,83	11,25
3	6,5 X 4,0	9,42	32,04
4	5,0 X 4,5	9,33	13,86
5	5,0 X 4,0	9,33	19,22
6	6,0 X 4,0	9,25	30,72
7	5,0 X 4,0	9,17	17,82
8	5,0 X 4,0	9,17	3,22
9	5,5 X 4,5	9,08	38,53

**Fonte:** Da autora, 2022.

Este povoamento foi plantado sem fundamentos técnicos básicos silviculturais e sem o uso de um talhonamento usual no meio florestal, que é embasado pela divisão da área plantada de maneira estratégica, com espaçamentos fixos, dimensões e localizações bem definidas. O talhonamento foi realizado posteriormente, onde a área foi dividida por idades, sendo assim, os talhões são compostos por plantios com mesma idade.

Cada parcela foi georreferenciada e demarcada com tubos de PVC numerados. Em cada parcela foram amostradas de 45 a 55 indivíduos, e nas árvores de todas as parcelas, foram medidos o DAP (diâmetro a altura do peito: medido à 1,30 metros do solo) com fita diâométrica (Figura 2). A primeira árvore da parcela foi denominada com referência ao lado direito do norte magnético marcada por um “X” à tinta, seguindo em forma de “zig-zag” até o último indivíduo que foi marcado à tinta com um “O”.

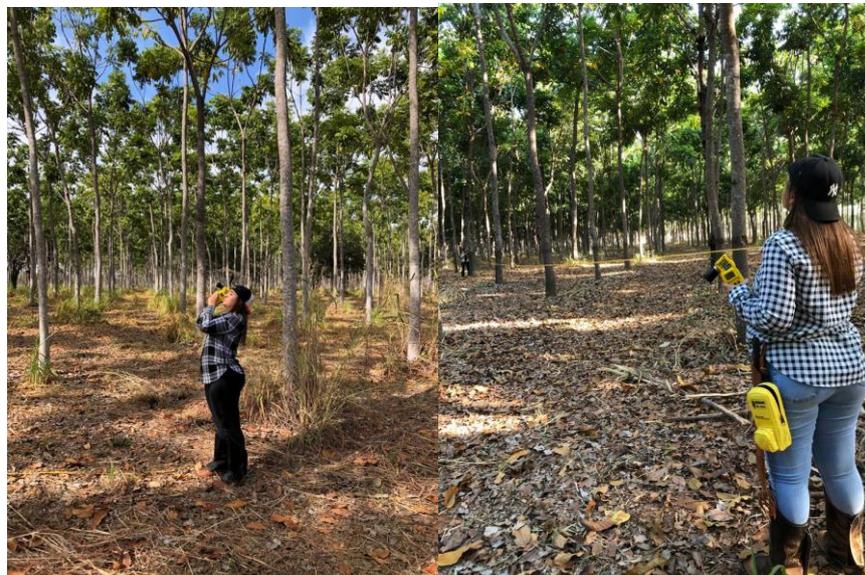
**Figura 2:** Procedimento de medição de DAP's.



**Fonte:** Da autora, 2022.

Posteriormente, coletou-se a altura total (HT) e altura comercial (HC) das árvores das duas fileiras centrais da parcela (Figura 3), que correspondem de 14 a 16 árvores em cada parcela. Essas mesmas árvores foram cubadas em pé, utilizando o método de Smalian, em seções predefinidas nas alturas de 0,3 m, 0,7 m, 1,30 m, 2,0 m, e continuamente a partir de 2 metros de altura, de metro em metro até a primeira inserção de galhos do indivíduo ou diâmetro mínimo de 6 cm (em que estes dois aspectos foram referenciados de altura comercial das árvores), utilizando um aparelho dendrométrico de medição à laser chamado CRITERION RD 1000 (Figura 4).

**Figura 3:** Procedimento de medição de alturas e cubagem em pé, utilizando o Criterion RD 1.000.



**Fonte:** Da autora, 2022.

**Figura 4:** Criterion RD 1.000.



**Fonte:** Da autora, 2022.

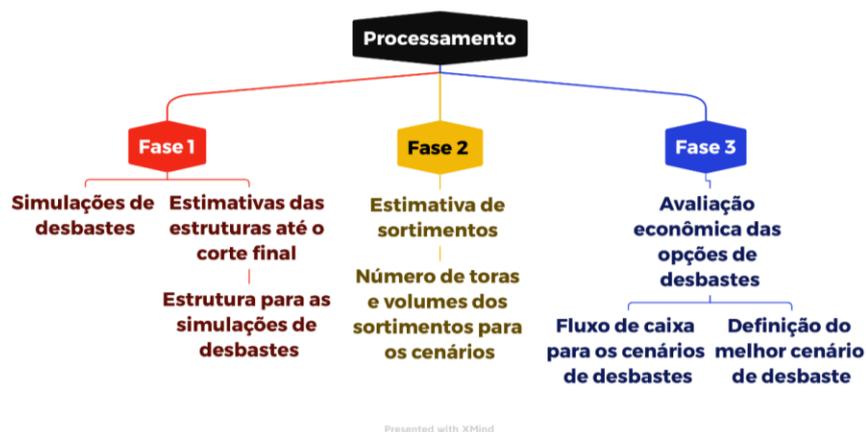
### 3.3 Análise de dados

Após a coleta, esses dados foram tabulados em Excel, e as análises foram realizadas no software RStudio. Para a modelagem, com os valores de DAP de todas as árvores, e HT de algumas árvores, foram feitas estimativas de altura para os demais indivíduos das parcelas. Esse inventário e cubagem rigorosa foram repetidos por 4 anos consecutivos onde os dados foram coletados na mesma época procurando manter um intervalo de aproximadamente 12 meses entre as remedições.

### 3.4 Processamento dos dados

Para melhor organização e controle sobre o processamento dos dados, foi definido um fluxograma (Figura 5), dividido em três fases.

**Figura 5:** Fluxograma de organização e controle do processamento de dados.



**Fonte:** Da autora, 2022.

A Fase 1 do processamento consistiu nas simulações para os cenários de desbastes para obtenção da estimativa da estrutura diamétrica para os três sítios do povoamento. Nesta fase foram utilizados a classificação de sítios e o sistema de modelagem para o crescimento e produção propostos por Oliveira (2021). Na fase 2, realizou-se as estimativas de sortimento para cada cenário. Nesta fase a equação de *taper* proposta por Costa (2021) foi utilizada e, por fim, na fase 3, as avaliações econômicas das opções de desbaste foram realizadas para definição do melhor cenário de manejo para o povoamento considerando diferentes taxas de desconto. Detalhes sobre o processamento de cada fase serão descritos a seguir.

### 3.5 Simulações de desbastes

Foram simulados dois tipos de desbastes, o primeiro desbaste foi seletivo por baixo, onde foram removidas as árvores de menores diâmetros. Após esse desbaste também foi simulado um desbaste sistemático, sem que houvesse nenhuma consideração sobre a qualidade dos indivíduos, foram removidas árvores sistematicamente em todas as classes de diâmetro. O desbaste seletivo por baixo tem a intenção de uniformização do povoamento, enquanto no desbaste sistemático é observado uma equivalência nas proporções da área basal e número de fustes que foram removidos.

Para os sítios florestais do povoamento, foram simulados desbastes, considerando cenários diferentes de remoção de árvores da seguinte forma:

- a) Cenário 1: remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo;
- b) Cenário 2: remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando um desbaste sistemático;
- c) Cenário 3: remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos;
- d) Cenário 4: remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste sistemático, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos;
- e) Cenário 5: sem desbaste com corte raso aos 20 anos.

Estes cenários foram estabelecidos pelos os proprietários da fazenda.

### 3.6 Estimativas das estruturas diamétricas no momento do desbaste até o corte final

Para estimar as estruturas diamétricas nas idades de desbaste até o corte final, foi utilizado o sistema de equações proposto por Oliveira (2021):

$$\gamma_2 = \gamma_1 \left( \frac{I_1}{I_2} \right) + 0,3203 * \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) * S1 \quad r_{yy} = 0,8656 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\beta_2 = \beta_1 \left( \frac{I_1}{I_2} \right) + 1,5830 * \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) * S1 \quad r_{yy} = 0,9699 \quad (\text{Equação 2})$$

$$D_{max2} = D_{max1} \left( \frac{I_1}{I_2} \right) + 2,0419 * \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) * S1 \quad r_{yy} = 0,9540 \quad (\text{Equação 3})$$

$$D_{min2} = D_{min1} \left( \frac{I1}{I2} \right) + 0,7854 * \left( 1 - \frac{I1}{I2} \right) * S1 \quad r_{yy} = 0,9340 \quad (\text{Equação 4})$$

$$N2 = N1 \left( \frac{I1}{I2} \right) + 1,2940 * \left( 1 - \frac{I1}{I2} \right) * S1 \quad r_{yy} = 0,8854 \quad (\text{Equação 5})$$

**Sendo:** Dmax = diâmetro máximo nas idades atuais (1) e futuras (2); Dmin = diâmetro mínimo nas idades atuais (1) e futuras (2); N = número de árvores por hectare nas idades atuais (1) e futuras (2); I1 = idade atual; I2 = idade futura; S1 = índice para o determinado sítio;  $\beta_1$  = parâmetro de escala da função Weibull nas idades atuais;  $\beta_2$  = parâmetro de escala da função Weibull nas idades futuras;  $\gamma_1$  = parâmetro de forma da função Weibull nas idades atuais;  $\gamma_2$  = parâmetro de forma da função Weibull nas idades futuras e  $r_{yy}$  as correlações.

No trabalho “Crescimento e produção de um povoamento de *Khaya spp.* no norte de Minas Gerais”, Oliveira (2021), propôs o sistema de equações apresentado anteriormente a partir da função de Weibull com dois parâmetros e a estrutura diamétrica foi projetada até os 20 anos.

O ponto de partida do presente estudo, foi a estrutura prognosticada aos 12 anos do trabalho supracitado. Esta estrutura apresenta para cada classe de diâmetro e para os três sítios florestais, as frequências de indivíduos, e, com essa informação foi possível simular os desbastes nos cenários destacados, podendo gerar as frequências desbastadas e a estrutura remanescente de cada cenário.

A partir da estrutura remanescente e utilizando o software FitFD- Sistema para ajuste de densidade de probabilidade (BINOTI et al. 2017), os novos parâmetros de forma e escala da função de Weibull foram obtidos, estes novos parâmetros foram usados no sistema de modelagem de Oliveira (2021) como parâmetros na idade atual permitindo a realização da prognose para o próximo desbaste ou para o corte final, conforme cada cenário simulado.

### 3.7 Estimativa e análise de sortimentos

As equações utilizadas para descrever o perfil do fuste e estimar os múltiplos produtos, foram ajustadas ao modelo de Kozak et al. (1969) para cada sítio, no trabalho “Viabilidade econômica dos sortimentos de um plantio de mogno africano (*Khaya spp.*) não desbastado” (COSTA, 2022). Tais ajustes foram realizados com dados do mesmo povoamento deste estudo. Foram obtidos os parâmetros ( $\beta$ ) da equação para cada sítio. E os coeficientes de correlação entre os valores observados e estimados da variável dependente.

Os sortimentos considerados foram separados em cinco produtos com as seguintes especificações técnicas:

- Madeiras roliça para fins industriais: diâmetro  $\geq 8$  e  $< 18$  cm; comprimento de tora igual a 2,22 m;
- Madeira serrada: diâmetro  $\geq 18$  e  $< 25$  cm; comprimento de tora igual a 2,22 m;
- Compensado: diâmetro  $\geq 25$  e  $< 35$  cm; comprimento de tora igual a 2,22 m;
- Laminado: diâmetro  $> 35$  cm; comprimento de tora igual a 2,22 m; e
- Resíduo: diâmetro  $< 8$  cm.

As equações utilizadas nos sítios 1, 2 e 3 respectivamente foram as seguintes:

$$d_i = D \sqrt{1,1909 + (-1,9082 \left( \frac{h_i}{h} \right) + 0,7323 \left( \frac{h_i}{h} \right)^2} \quad r_{yy} = 0,98 \quad (\text{Equação 6})$$

$$d_i = D\sqrt{1,2022 + (-1,8447(\frac{h_i}{h})) + 0,6682(\frac{h_i}{h})^2} \quad r_{yy} = 0,97 \quad (\text{Equação 7})$$

$$d_i = D\sqrt{1,2513 + (-1,8593(\frac{h_i}{h})) + 0,6377(\frac{h_i}{h})^2} \quad r_{yy} = 0,97 \quad (\text{Equação 8})$$

**Sendo:**  $d_i$  = diâmetros (cm) medidos à altura  $h_i$  ao longo do fuste;  $h$  = altura total (m);  $h_i$  = alturas as quais foram medidos os diâmetros  $d_i$ .  $D$  = diâmetro à 1,30 metros de altura;  $E_i$  = erro de estimativa e  $r_{yy}$  a correlação.

### 3.8 Avaliação econômica

Para a avaliação econômica os seguintes preços médios por metro cúbico ( $m^3$ ) dos produtos foram obtidos no *Annual Review Statistics Database of International Tropical Timber Organization* (Tabela 2).

**Tabela 2:** Sortimentos de madeira e preços de venda para mogno africano.

Produto	Diâmetro (cm)	Comprimento (m)	Valor (US\$)	Valor (BRL)
Madeira roliça para fins industriais	$8 \leq d < 18$	2,22	108,00	559,44
Madeira Serrada	$18 \leq d < 25$	2,22	210,00	1087,80
Compensado	$25 \leq d < 35$	2,22	389,49	2017,56
Laminado	$d \geq 35$	2,22	257,92	1336,03
Resíduos	$d < 8$	-	5,73	29,68

\*Os valores médios das vendas de madeira tropical são do *Annual Review Statistics Database of International Tropical Timber Organization* (ITTO, 2022) com base no ano de 2020, fornecidos em dólares americanos (US\$) e convertidos para reais (BRL) por uma taxa de câmbio média de 5,18 em Jun/2022 (BC, 2022).

Os custos de produção foram adaptados dos apresentados por Laíssa et al. (2021), Ribeiro et al. (2017) e por Lustosa et al. (2017). Os custos de manutenção são referentes à adubação de cobertura, combate à formiga e controle de mato competição. Já os custos de implantação representam o combate à formiga, limpeza de área total, preparo de solo, coveamento e adubação. O valor da terra foi fixado em R\$ 3.000,00 por hectare para o ano de 2022, de acordo com a tabela de valor da terra nua (VTN) divulgado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER) para a cidade de Corinto-MG (EMATER, 2022) (Tabela 3).

**Tabela 3:** Custos gerais para o plantio e manutenção de mogno africano.

Ano	Atividade	Custo (US\$)	Custo (BRL)
0	Implantação	519,21	2.689,50
0	Mudas	305,03	1.699,00
1	Manutenção	164,86	854,00
2	Manutenção	126,25	654,00
3 - n	Manutenção	77,99	404,00
n	Limpeza pré-corte	23,17	120,00
n	Corte	4,63	24,00

**Fonte:** Da autora, 2022.

Para avaliar a viabilidade econômica de cada cenário, foram obtidos o VPL (Equação 9),  $VPL_{\infty}$  (Equação 10), valor futuro líquido (VFL), razão custo benefício (B/C) e valor esperado da terra (VET). Para a análise da sensibilidade dos cenários de manejo, variou-se a taxa de desconto com 8%, 12% e 14% ao ano:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} \quad (\text{Equação 9})$$

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL * (1+i)^t}{(1+i)^{t+1}} \quad (\text{Equação 10})$$

$$VFL = VPL (1+i)^n \quad (\text{Equação 11})$$

$$B/C = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} \div \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} \quad (\text{Equação 12})$$

$$VET = \sum_{j=0}^n R_j \div (1+i)^{n-1} \quad (\text{Equação 13})$$

**Sendo:**  $R_j$  = receita no final do ano  $j$  ou do período de tempo considerado;  $C_j$  = custo final do ano  $j$  ou do período de tempo considerado;  $i$  = taxa de desconto;  $n$  = duração do projeto em anos, ou em números de períodos de tempo;  $t$  = número de períodos de capitalização.

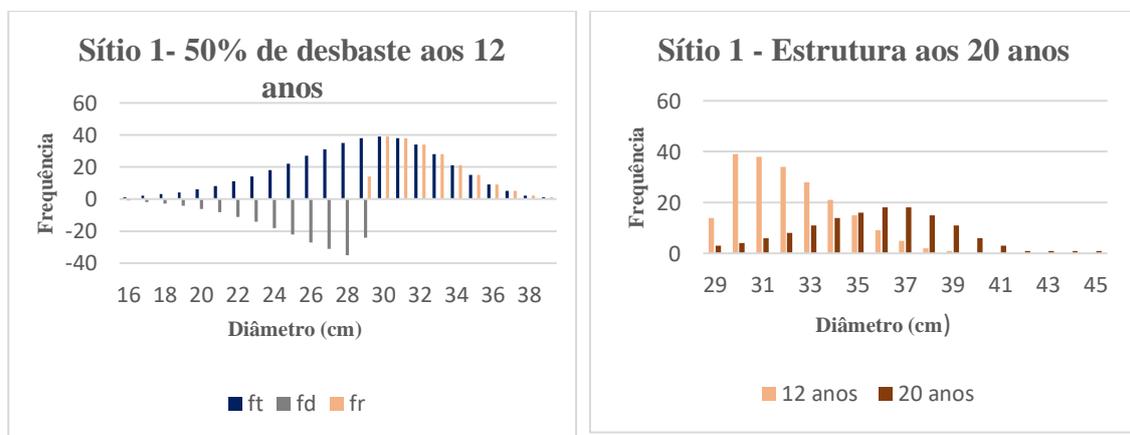
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

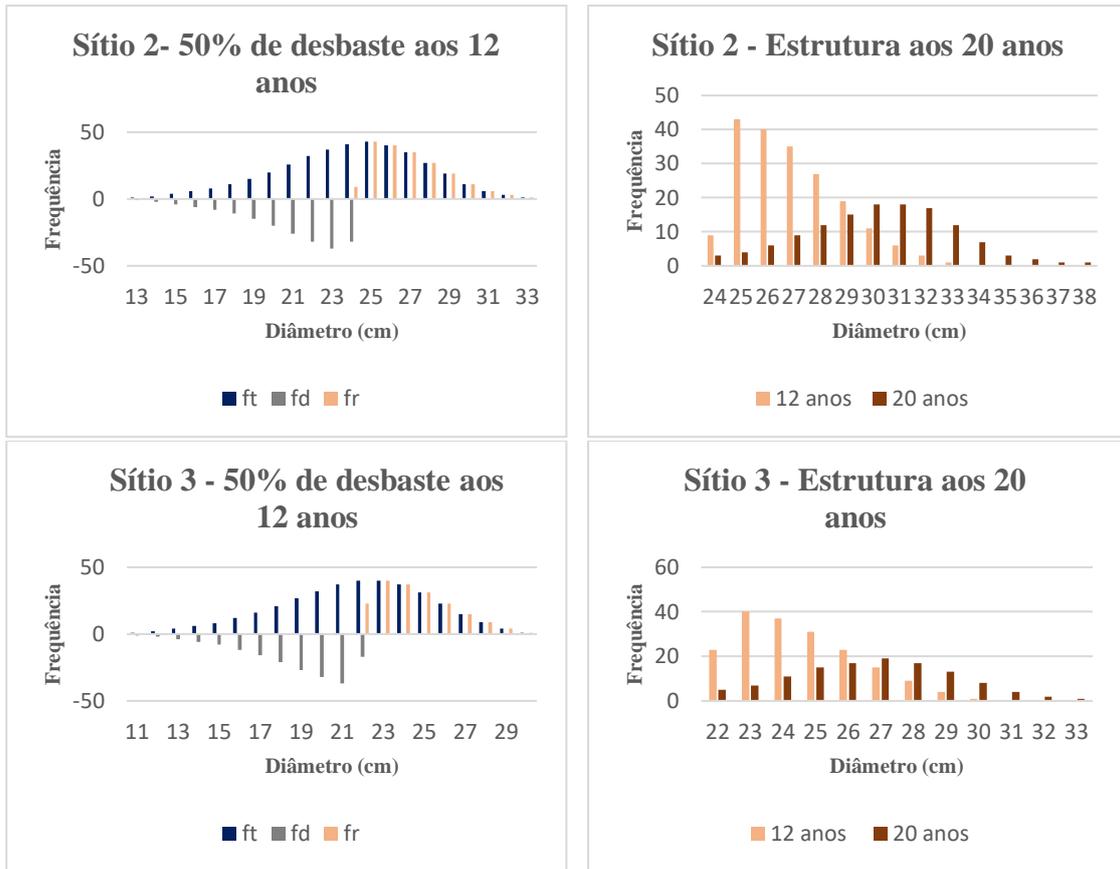
### 4.1 Simulações de desbastes

#### 4.1.1 Simulação de desbaste seletivo por baixo

Nesse tipo de desbaste foram eliminadas as árvores com menores diâmetros em cada sítio. A estrutura inicial aos 12 anos (ft), frequências desbastadas (fd) e frequências remanescentes (fr) de cada cenário de manejo avaliado são apresentados nas figuras 6, 7 e 8.

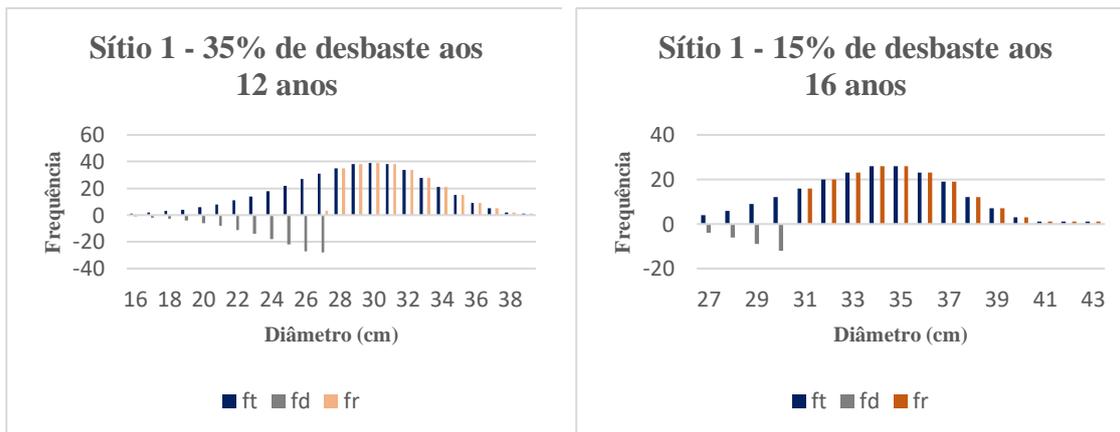
**Figura 6:** Gráficos dos três sítios com 50% de remoção aos 12 anos com desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos.

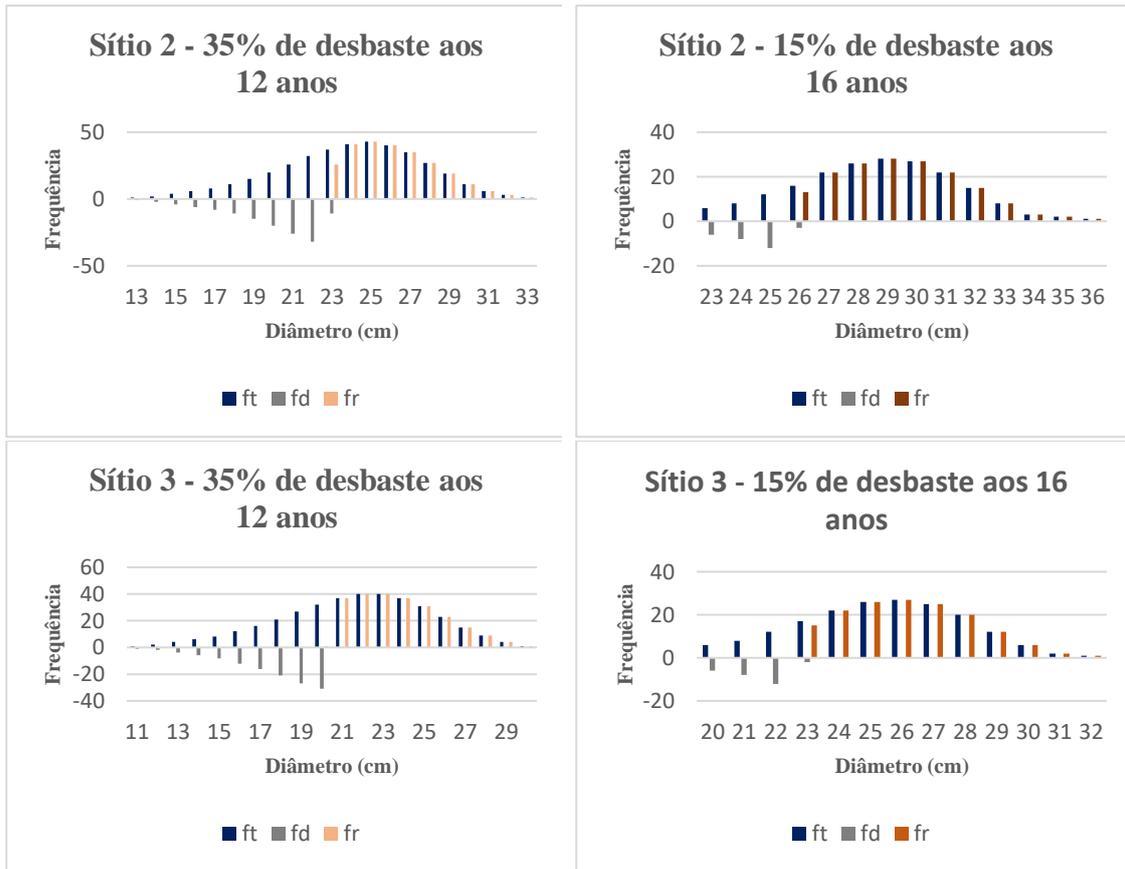




Fonte: Da autora, 2022

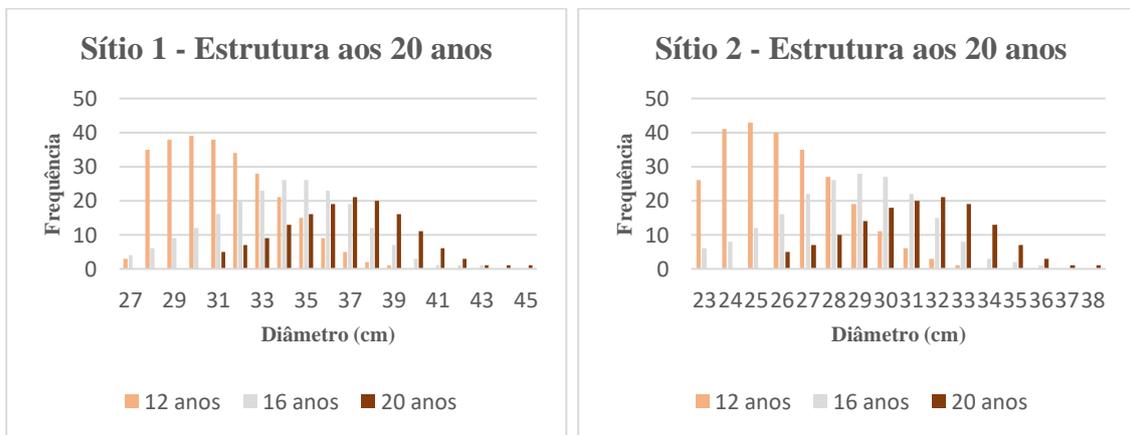
**Figura 7:** Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 com desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos.

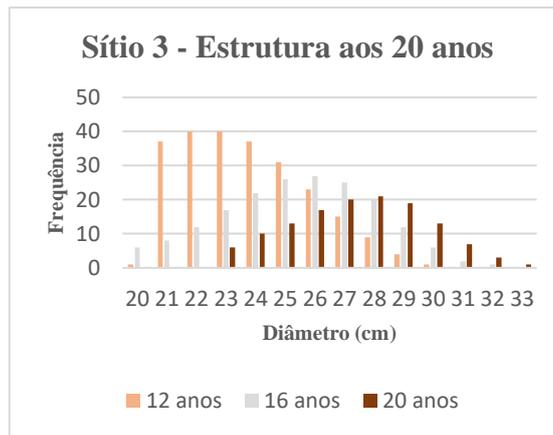




Fonte: Da autora, 2022.

**Figura 8:** Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 e 16 anos com corte final aos 20 anos.





Fonte: Da autora, 2022.

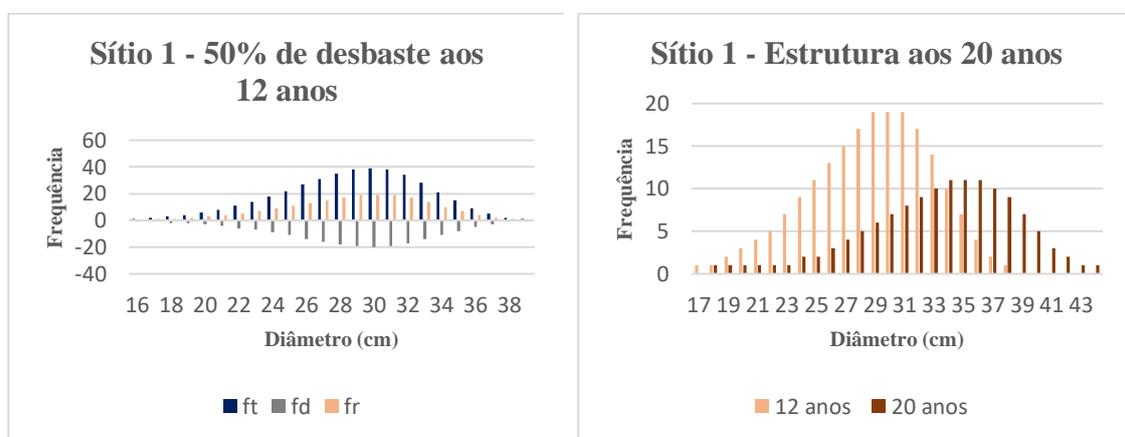
De maneira geral verificou-se para todos os cenários de desbaste seletivo que o sistema de modelagem aplicado para prognose das estruturas retornou resultados consistentes e conforme o esperado.

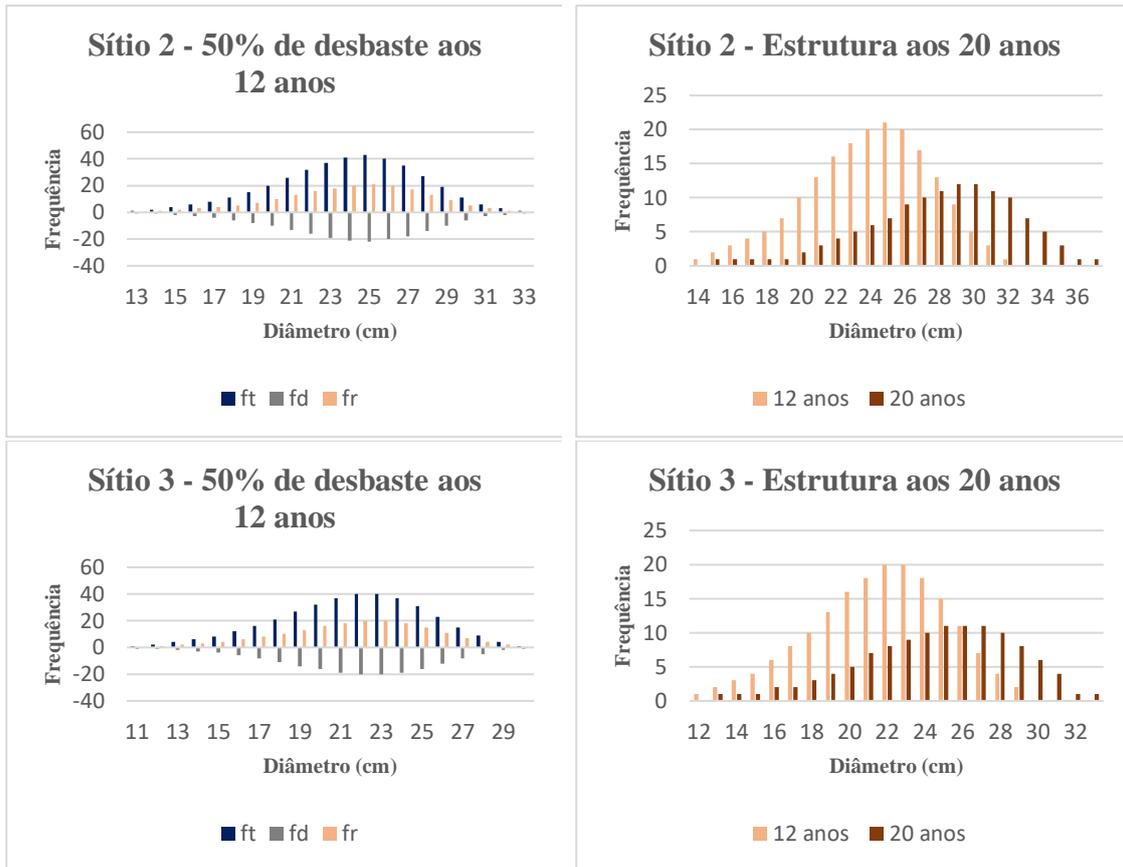
Observa-se que para o sítio mais produtivo nos desbastes com remoção de 50% dos indivíduos o diâmetro máximo no corte final foi de 45 cm para os sítios 1 e 2 e para o sítio menos produtivo igual a 33 cm. Já para a opção 35/15% no sítio 1 o diâmetro máximo chegou a 45 cm, no sítio 2, 38 cm e no sítio 3, 33 cm.

#### 4.1.2 Simulação de desbaste sistemático

Este desbaste foi feito utilizando do critério sistemático, apenas foram retiradas sistematicamente de cada classe de diâmetro a qual se obtinha o sítio. A estrutura inicial aos 12 anos (ft), frequências desbastadas (fd) e frequências remanescentes (fr) de cada cenário de manejo avaliado nesta opção são apresentados nas figuras 9, 10 e 11.

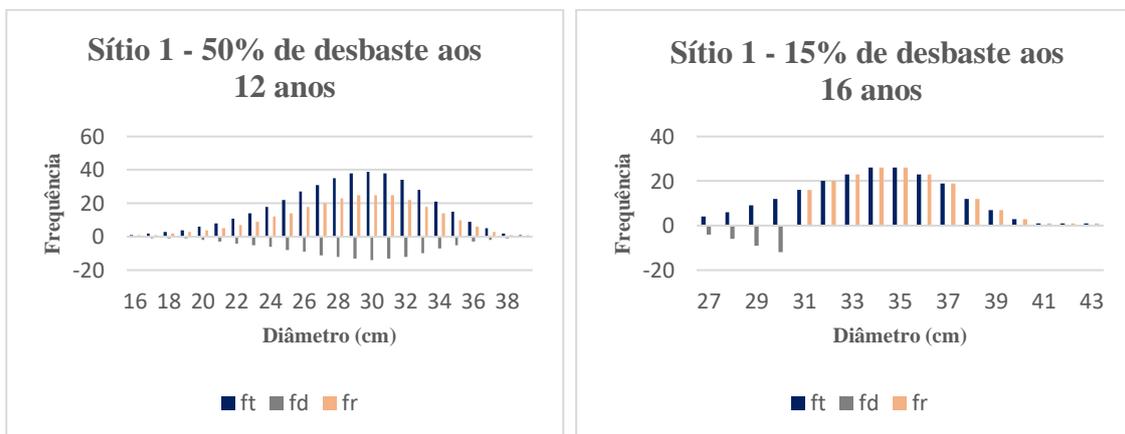
**Figura 9:** Gráficos dos três sítios com 50% de remoção aos 12 anos com desbaste sistemático e corte final aos 20 anos.

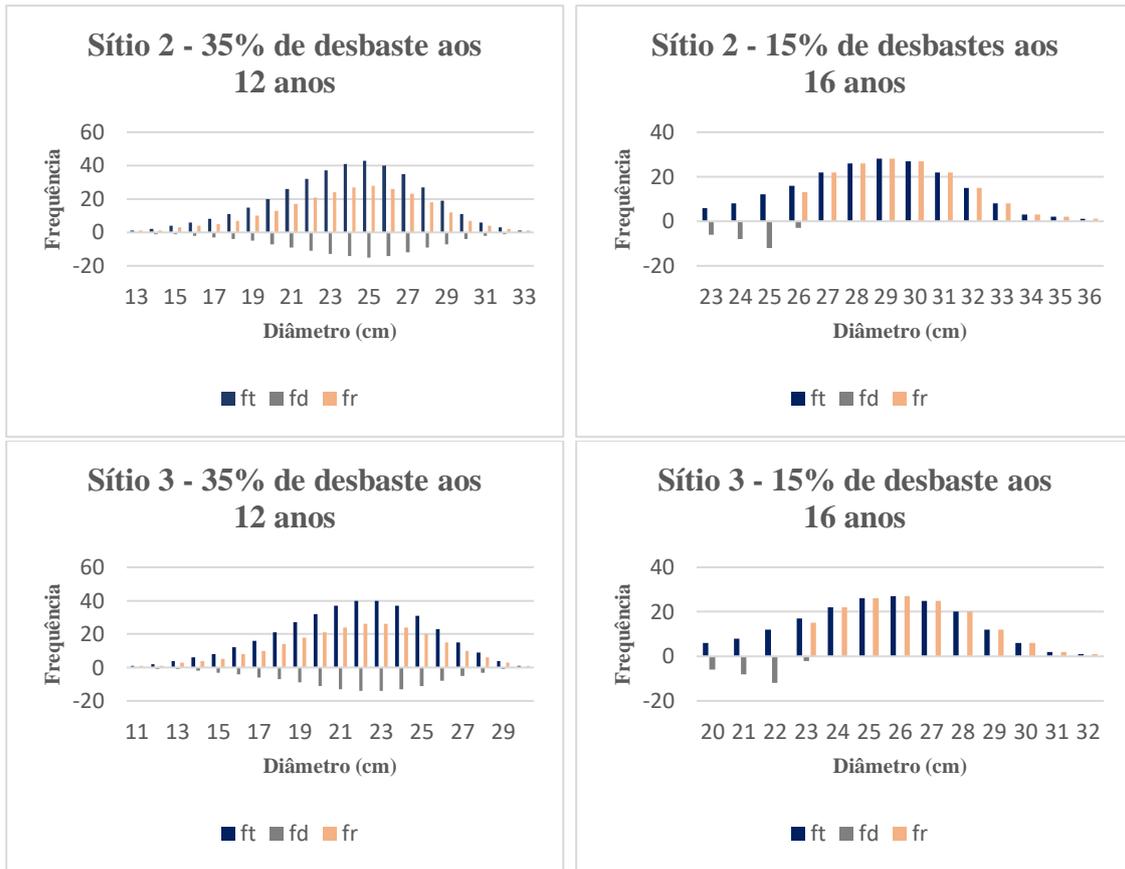




Fonte: Da autora, 2022.

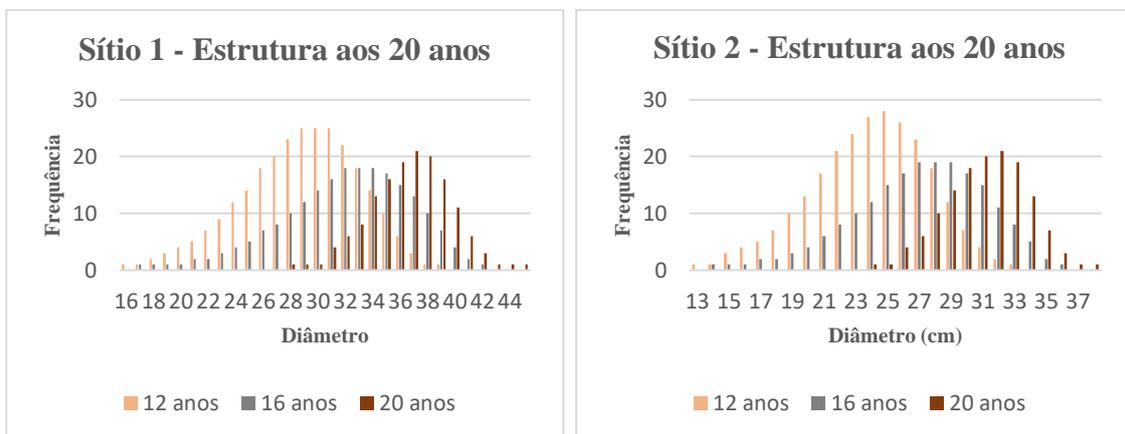
**Figura 10:** Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção aos 12 e 16 anos com desbaste sistemático e corte final aos 20 anos.





Fonte: Da autora, 2022.

**Figura 11:** Gráficos dos três sítios com 35% - 15% de remoção com corte final aos 20 anos.





Fonte: Da autora, 2022.

De maneira geral, verificou-se também para todos os cenários de desbaste sistemático que o sistema de modelagem aplicado para prognose das estruturas retornou resultados consistentes e conforme o esperado.

Contudo, observa-se que nesta opção de manejo as árvores remanescentes atingiram diâmetros máximos maiores que no desbaste seletivo. Para o sítio mais produtivo no desbaste com remoção de 50% e 35/15% para os indivíduos o diâmetro máximo no corte final foi de 44 cm para os sítios 1 e no sítio 2, 37 cm e para o sítio menos produtivo igual a 33 cm.

#### 4.2 Otimização de múltiplos produtos

A otimização de múltiplos produtos foi realizada de acordo com o diâmetro mínimo e comprimento exigido para cada sortimento. Com o número de toras e volume de cada produto, obteve-se a receita total para cada sítio, para cada cenário e para cada tipo de desbaste realizado.

Nas tabelas 4 a 7 estão representados os números de toras de cada produto, o volume e os valores totais das receitas de cada sítio em cada cenário estudado e corte final aos 20 anos, para todos os sítios.

**Tabela 4:** Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando desbaste seletivo por baixo.

Sítio	Idade	Produto	Nº tora	Volume	Receita
1	12 anos	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	176	9,02	R\$ 18.198,37
		Serraria	702	39,41	R\$ 42.870,20
		Madeira roliça	898	45,83	R\$ 25.639,14
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	5,3	R\$ 157,31
	<b>Total</b>		1776	99,56	R\$ 86.865,02
	20 anos	Laminação	119	11,24	R\$ 15.016,93
		Compensado	404	41,94	R\$ 84.616,39
		Serraria	562	61,31	R\$ 66.693,02
		Madeira roliça	216	21,08	R\$ 11.793,00
Resíduo (m <sup>3</sup> )		-	7,13	R\$ 211,63	
<b>Total</b>		1301	142,70	R\$ 178.330,96	

*Continua...*

Continuação...

		<b>Produto</b>	<b>N° tora</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
12 anos		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	0	0,00	R\$ 0,00
		Serraria	321	11,12	R\$ 12.096,34
		Madeira roliça	1069	39,67	R\$ 22.192,98
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	4,64	R\$ 137,72
		<b>Total</b>	1390	55,43	R\$ 34.427,04
20 anos		Laminação	4	0,31	R\$ 414,17
		Compensado	258	18,33	R\$ 36.981,84
		Serraria	560	43,70	R\$ 47.536,86
		Madeira roliça	253	17,75	R\$ 9.930,06
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	5,22	R\$ 154,94
		<b>Total</b>	1075	85,31	R\$ 95.017,87
12 anos		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	0	0,00	R\$ 0,00
		Serraria	167	4,74	R\$ 5.156,17
		Madeira roliça	842	25,34	R\$ 14.176,21
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	7,52	R\$ 223,20
		<b>Total</b>	1009	37,60	R\$ 19.555,59
20 anos		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	112	6,01	R\$ 12.125,52
		Serraria	393	23,59	R\$ 25.661,20
		Madeira roliça	397	22,63	R\$ 12.660,13
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	3,4	R\$ 100,92
		<b>Total</b>	902	55,63	R\$ 50.547,77

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 5:** Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, considerando desbaste sistemático.

<b>Sítio</b>	<b>Idade</b>	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
1	12 anos	Laminação	19	1,48	R\$ 1.977,32
		Compensado	381	27,86	R\$ 56.209,17
		Serraria	888	66,09	R\$ 71.892,70
		Madeira roliça	605	35,59	R\$ 19.910,47
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	8,11	R\$ 240,72
		<b>Total</b>	1893	139,13	R\$ 150.230,38
1	20 anos	Laminação	83	8,09	R\$ 10.808,45
		Compensado	337	32,57	R\$ 65.711,87
		Serraria	620	60,12	R\$ 65.398,54
		Madeira roliça	193	13,55	R\$ 7.580,41
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	6,22	R\$ 184,62
		<b>Total</b>	1233	120,55	R\$ 149.683,88

Continua...

Continuação...

		<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
2	12 anos	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	113	6,11	R\$ 12.327,28
		Serraria	531	28,26	R\$ 30.741,23
		Madeira roliça	882	39,87	R\$ 22.304,87
		Resíduo (m³)	-	6,48	R\$ 192,34
		<b>Total</b>	1526	80,72	R\$ 65.565,72
2	20 anos	Laminação	2	0,15	R\$ 200,40
		Compensado	181	12,40	R\$ 25.017,72
		Serraria	463	33,13	R\$ 36.038,81
		Madeira roliça	360	20,39	R\$ 11.406,98
		Resíduo (m³)	-	4,49	R\$ 133,27
		<b>Total</b>	1006	70,56	R\$ 72.797,19
3	12 anos	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	31	1,40	R\$ 2.824,58
		Serraria	345	14,91	R\$ 16.219,10
		Madeira roliça	844	33,42	R\$ 18.696,48
		Resíduo (m³)	-	6,11	R\$ 181,35
		<b>Total</b>	1220	55,84	R\$ 37.921,52
3	20 anos	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	15	0,97	R\$ 1.957,03
		Serraria	171	6,93	R\$ 7.538,45
		Madeira roliça	526	19,19	R\$ 10.735,65
		Resíduo (m³)	-	4,92	R\$ 146,03
		<b>Total</b>	712	32,01	R\$ 20.377,17

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 6:** Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos.

<b>Sítio</b>	<b>Idade</b>	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
1	12	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	55	2,24	R\$ 4.519,33
		Serraria	430	21,23	R\$ 23.093,99
		Madeira roliça	733	34,91	R\$ 19.530,05
		Resíduo (m³)	0	3,11	R\$ 17,82
		<b>Total</b>	1218	61,50	R\$ 47.161,20
1	16	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	58	3,39	R\$ 6.839,52
		Serraria	114	7,98	R\$ 8.680,64

Continua...

Continuação...

		Madeira roliça	103	7,11	R\$ 3.977,62
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	0	1,52	R\$ 8,71
		<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>19,99</b>	<b>R\$ 19.506,49</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	160	15,64	R\$ 20.895,44
		Compensado	447	49,03	R\$ 98.920,88
	20	Serraria	494	56,89	R\$ 61.884,94
		Madeira roliça	327	34,84	R\$ 19.490,89
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	0	7,79	R\$ 231,22
		<b>Total</b>	<b>1428</b>	<b>164,19</b>	<b>R\$ 201.423,37</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	0	0,00	R\$ 0,00
	12	Serraria	173	5,35	R\$ 5.819,73
		Madeira roliça	753	25,66	R\$ 14.355,23
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	3,64	R\$ 108,04
		<b>Total</b>	<b>926</b>	<b>34,65</b>	<b>R\$ 20.283,00</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	3	0,12	R\$ 242,11
	16	Serraria	81	3,64	R\$ 3.959,59
		Madeira roliça	136	6,75	R\$ 3.776,22
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	1,25	R\$ 37,10
		<b>Total</b>	<b>220</b>	<b>11,76</b>	<b>R\$ 8.015,02</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	5	0,39	R\$ 521,05
		Compensado	321	23,82	R\$ 48.058,24
	20	Serraria	509	42,40	R\$ 46.122,72
		Madeira roliça	357	27,39	R\$ 15.323,06
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	5,14	R\$ 152,56
		<b>Total</b>	<b>1192</b>	<b>99,14</b>	<b>R\$ 110.177,63</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	0	0,00	R\$ 0,00
	12	Serraria	58	1,28	R\$ 1.392,38
		Madeira roliça	567	15,01	R\$ 8.397,19
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	6,33	R\$ 187,88
		<b>Total</b>	<b>625</b>	<b>22,62</b>	<b>R\$ 9.977,46</b>
		<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	0	0,00	R\$ 0,00
	16	Serraria	50	1,59	R\$ 1.729,60
		Madeira roliça	126	4,81	R\$ 2.690,91
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	1,3	R\$ 38,59
		<b>Total</b>	<b>176</b>	<b>7,70</b>	<b>R\$ 4.459,09</b>

Continua...

Continuação...

	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
20	Compensado	148	8,20	R\$ 16.543,98
	Serraria	452	28,53	R\$ 31.034,93
	Madeira roliça	405	24,13	R\$ 13.499,29
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	3,41	R\$ 101,21
	<b>Total</b>	1005	64,27	R\$ 61.179,41

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 7:** Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 35% dos indivíduos aos 12 anos, considerando um desbaste sistemático, 15% aos 16 anos, considerando um desbaste seletivo por baixo e corte final aos 20 anos.

<b>Sítio</b>	<b>Idade</b>	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
1	12	Laminação	11	0,82	R\$ 1.095,54
		Compensado	257	18,65	R\$ 37.627,46
		Serraria	602	44,56	R\$ 48.472,37
		Madeira roliça	409	24,17	R\$ 13.521,66
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	5,51	R\$ 31,57
	<b>Total</b>	1279	93,71	R\$ 100.748,61	
	16	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	58	3,39	R\$ 6.839,52
		Serraria	114	7,98	R\$ 8.680,64
		Madeira roliça	103	7,11	R\$ 3.977,62
Resíduo (m <sup>3</sup> )		-	1,52	R\$ 8,71	
<b>Total</b>	275	20,00	R\$ 19.506,49		
2	20	Laminação	160	15,64	R\$ 20.895,44
		Compensado	444	48,70	R\$ 98.255,08
		Serraria	635	72,43	R\$ 78.789,35
		Madeira roliça	200	20,16	R\$ 11.278,31
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	6,76	R\$ 200,65
	<b>Total</b>	1439	163,69	R\$ 209.418,84	
	12	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00
		Compensado	73	3,86	R\$ 7.787,77
		Serraria	354	18,63	R\$ 20.265,71
		Madeira roliça	597	26,99	R\$ 15.099,29
Resíduo (m <sup>3</sup> )		-	4,32	R\$ 128,22	
<b>Total</b>	1024	53,80	R\$ 43.281,00		
16	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00	
	Compensado	3	0,12	R\$ 242,11	
	Serraria	81	3,64	R\$ 3.959,59	
	Madeira roliça	136	6,75	R\$ 3.776,22	
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	1,25	R\$ 37,10	

Continua...

Continuação...

		<b>Total</b>	220	11,76	R\$ 8.015,02
20	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>	
	Laminação	5	0,39	R\$ 521,05	
	Compensado	319	23,74	R\$ 47.896,83	
	Serraria	635	52,28	R\$ 56.870,18	
	Madeira roliça	235	17,59	R\$ 9.840,55	
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	4,97	R\$ 147,52	
<b>Total</b>		1194	98,97	R\$ 115.276,13	
12	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>	
	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00	
	Compensado	18	0,78	R\$ 1.573,70	
	Serraria	229	9,71	R\$ 10.562,54	
	Madeira roliça	570	22,50	R\$ 12.587,40	
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	4,12	R\$ 122,29	
<b>Total</b>		817	37,11	R\$ 24.845,92	
3	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>	
	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00	
	Compensado	0	0,00	R\$ 0,00	
	Serraria	50	1,59	R\$ 1.729,60	
	Madeira roliça	126	4,81	R\$ 2.690,91	
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	1,3	R\$ 38,59	
<b>Total</b>		176	7,70	R\$ 4.459,09	
20	<b>Produto</b>	<b>N° toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>	
	Laminação	0	0,00	R\$ 0,00	
	Compensado	150	8,40	R\$ 16.947,49	
	Serraria	451	28,65	R\$ 31.165,47	
	Madeira roliça	408	24,12	R\$ 13.493,69	
	Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	3,23	R\$ 95,87	
<b>Total</b>		1009	64,40	R\$ 61.702,52	

Fonte: Da autora, 2022.

Verifica-se para o sítio 1 e 2 que as maiores receitas foram obtidas para o desbaste sistemático removendo 50% dos indivíduos aos 12 anos. Já para o sítio 3, desbaste seletivamente gera maior receita. Este resultado provavelmente está associado ao fato de que neste sítio ao desbaste sistematicamente, árvores de forte potencial de crescimento em diâmetro para produtos de maior valor agregado são removidas. Esse aspecto pode ser visualizado por exemplo para os produtos compensado e serraria no corte final, no desbaste seletivo para o sítio três foram estimadas 112 e 393 toras respectivamente, no desbaste sistemático o número de toras diminui para 15 e 171, respectivamente.

De maneira geral, para opção 35/15%, observa-se maiores receitas desbastando sistematicamente aos 12 anos e seletivamente aos 16. Nessa opção, abre-se o espaçamento permitindo incrementos diamétricos no primeiro desbaste e remove-se as árvores de qualidade inferior (diâmetros menores) no segundo desbaste. Essa opção proporcionou maior número de toras para produtos de maior valor agregado, inclusive para o sítio menos produtivo.

#### 4.2.1 Estimativas de múltiplos produtos para o corte final aos 20 anos sem desbaste.

Com os dados de volume obtidos do trabalho de Costa (2022) já citado, foi possível fazer também a estimativa de produtos para corte raso aos 20 anos, ou seja, sem nenhum desbaste. Na tabela a seguir estão representados os números de toras de cada produto, o volume e os valores totais das receitas de cada sítio em cada cenário estudado para corte raso aos 20 anos.

**Tabela 8:** Estimativa dos múltiplos produtos com remoção de 100% dos indivíduos de 20 anos.

Sítio	Idade	Produto	Nº toras	Volume	Receita
1	20 anos	Laminação	265	26,75	R\$ 35.738,68
		Compensado	1001	98,23	R\$ 198.184,74
		Serraria	1830	179,61	R\$ 195.379,76
		Madeira roliça	518	37,47	R\$ 20.962,22
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	18,48	R\$ 548,51
		<b>Total</b>	3614	360,54	R\$ 450.813,91
2	20 anos	<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	13	1,00	R\$ 1.336,03
		Compensado	599	43,15	R\$ 87.057,64
		Serraria	1431	106,39	R\$ 115.731,04
		Madeira roliça	851	50,02	R\$ 27.983,19
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	13,02	R\$ 386,45
<b>Total</b>	2894	213,58	R\$ 232.494,34		
3	20 anos	<b>Produto</b>	<b>Nº toras</b>	<b>Volume</b>	<b>Receita</b>
		Laminação	1	0,08	R\$ 106,88
		Compensado	315	20,72	R\$ 41.803,81
		Serraria	1003	66,65	R\$ 72.501,87
		Madeira roliça	984	49,51	R\$ 27.697,87
		Resíduo (m <sup>3</sup> )	-	10,39	R\$ 308,39
<b>Total</b>	2303	147,35	R\$ 142.418,82		

Fonte: Da autora, 2022.

Esta opção, ao avaliar a receita bruta obtida parece mais atrativa por retornar receitas maiores que todos os cenários de manejo, inclusive para o sítio 3. Contudo, ressalta-se que ao desbastar, retorno do capital investindo no povoamento é proporcionado pela receita dos desbastes, o que ao considerar indicadores de viabilidade econômica, podem fazer com que as opções de manejo com desbaste sejam mais atrativas.

### 4.3 Avaliação econômica

Com as receitas e custos foi simulado o fluxo de caixa, onde a partir do valor presente líquido (VPL) e VPL infinito ( $VPL_{\infty}$ ), valor futuro líquido (VFL), razão custo benefício (B/C) e valor esperado da terra (VET), foi possível fazer a análise de viabilidade econômica. Nas tabelas 9 a 13 são apresentados, se encontram os valores encontrados para cada sítio em cada cenário avaliado nas diferentes taxas de retorno consideradas.

**Tabela 9:** Viabilidade econômica para o cenário 1 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.

8% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
VPL	R\$ 42.114,47	R\$ 4.132,06	-R\$ 10.991,82
VFL	R\$ 196.293,76	R\$ 19.259,35	-R\$ 51.232,41
B/C	2,374430156	1,138079082	0,628686649
VET	R\$ 53.618,15	R\$ 5.260,74	-R\$ 13.994,27
$VPL_{\infty}$	R\$ 4.289,45	R\$ 420,86	-R\$ 1.119,54
12% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
VPL	R\$ 14.870,62	-R\$ 6.811,06	-R\$ 15.054,59
VFL	R\$ 143.446,36	-R\$ 65.701,53	-R\$ 145.220,97
B/C	1,573879141	0,732876622	0,40528946
VET	R\$ 16.590,50	-R\$ 7.598,81	-R\$ 16.795,75
$VPL_{\infty}$	R\$ 1.990,86	-R\$ 911,86	-R\$ 2.015,49
14% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
VPL	R\$ 6.796,51	-R\$ 9.829,43	-R\$ 16.011,20
VFL	R\$ 93.407,75	-R\$ 135.090,61	-R\$ 220.049,83
B/C	1,280745561	0,588533023	0,325789721
VET	R\$ 7.329,84	-R\$ 10.600,75	-R\$ 17.267,63
$VPL_{\infty}$	R\$ 1.026,18	-R\$ 1.484,11	-R\$ 2.417,47

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 10:** Viabilidade econômica para o cenário 2 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.

8% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
VPL	R\$ 60.868,52	R\$ 11.565,12	-R\$ 10.223,72
VFL	R\$ 283.705,55	R\$ 53.904,51	-R\$ 47.652,33
B/C	2,969571874	1,384345163	0,655241839
VET	R\$ 77.494,91	R\$ 14.724,16	-R\$ 13.016,36
$VPL_{\infty}$	R\$ 6.199,59	R\$ 1.177,93	-R\$ 1.041,31

*Continua...*

<b>12% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 27.976,57	-R\$ 1.241,21	-R\$ 13.521,79
<b>VFL</b>	R\$ 269.870,16	-R\$ 11.973,04	-R\$ 130.435,20
<b>B/C</b>	2,071855014	0,951547428	0,466968869
<b>VET</b>	R\$ 31.212,24	-R\$ 1.384,76	-R\$ 15.085,68
<b>VPL<sub>∞</sub></b>	R\$ 3.745,47	-R\$ 166,17	-R\$ 1.810,28

<b>14% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 17.705,75	-R\$ 5.083,37	-R\$ 14.444,07
<b>VFL</b>	R\$ 243.338,83	-R\$ 69.863,18	-R\$ 198.511,89
<b>B/C</b>	1,726622765	0,788095783	0,393047809
<b>VET</b>	R\$ 19.095,15	-R\$ 5.482,26	-R\$ 15.577,51
<b>VPL<sub>∞</sub></b>	R\$ 2.673,32	-R\$ 767,52	-R\$ 2.180,85

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 11:** Viabilidade econômica para o cenário 3 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.

<b>8% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 37.468,37	R\$ 4.335,02	-R\$ 11.061,35
<b>VFL</b>	R\$ 174.638,49	R\$ 20.205,36	-R\$ 51.556,46
<b>B/C</b>	2,241959103	1,145972377	0,624415673
<b>VET</b>	R\$ 47.702,96	R\$ 5.519,15	-R\$ 14.082,78
<b>VPL<sub>∞</sub></b>	R\$ 3.816,24	R\$ 441,53	-R\$ 1.126,62

<b>12% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 10.594,35	-R\$ 7.393,41	-R\$ 15.570,56
<b>VFL</b>	R\$ 102.196,21	-R\$ 71.318,97	R\$ 150.198,16
<b>B/C</b>	1,414269145	0,708101937	0,382149426
<b>VET</b>	R\$ 11.819,66	-R\$ 8.248,50	-R\$ 17.371,39
<b>VPL<sub>∞</sub></b>	R\$ 1.418,36	-R\$ 989,82	-R\$ 2.084,57

<b>14% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 2.918,19	-R\$ 10.533,09	-R\$ 16.581,27
<b>VFL</b>	R\$ 40.106,06	-R\$ 144.761,36	-R\$ 227.884,52
<b>B/C</b>	1,121979137	0,556402666	0,298939249
<b>VET</b>	R\$ 3.147,18	-R\$ 11.359,63	-R\$ 17.882,43
<b>VPL<sub>∞</sub></b>	R\$ 440,61	-R\$ 1.590,35	-R\$ 2.503,54

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 12:** Viabilidade econômica para o cenário 4 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.

8% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
	VPL	R\$ 60.466,61	R\$ 14.562,59
VFL	R\$ 281.832,27	R\$ 67.875,63	R\$ 23.515,75
B/C	3,004446078	1,490377815	0,828693389
VET	R\$ 76.983,22	R\$ 18.540,40	-R\$ 6.423,39
VPL <sub>∞</sub>	R\$ 6.158,66	R\$ 1.483,23	-R\$ 513,87
12% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
	VPL	R\$ 25.178,99	-R\$ 961,43
VFL	R\$ 242.883,90	-R\$ 9.274,20	-R\$ 112.864,17
B/C	1,984616725	0,962041437	0,535730884
VET	R\$ 28.091,10	-R\$ 1.072,62	-R\$ 13.053,47
VPL <sub>∞</sub>	R\$ 3.370,93	R\$ 128,71	-R\$ 1.566,42
14% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
	VPL	R\$ 14.623,36	-R\$ 5.388,37
VFL	R\$ 200.976,00	-R\$ 74.055,00	-R\$ 184.950,72
B/C	1,611273185	0,773067806	0,431025218
VET	R\$ 15.770,88	-R\$ 5.811,20	-R\$ 14.513,35
VPL <sub>∞</sub>	R\$ 2.207,92	-R\$ 813,57	-R\$ 2.031,87

Fonte: Da autora, 2022.

**Tabela 13:** Viabilidade econômica para o cenário 5 nos 3 sítios às taxas de 8%, 12% e 14%.

8% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
	VPL	R\$ 66.067,53	R\$ 19.984,18
VFL	R\$ 307.937,93	R\$ 93.145,40	R\$ 4.659,40
B/C	3,155281226	1,668432755	1,033822708
VET	R\$ 84.114,05	R\$ 25.442,91	R\$ 1.272,73
VPL <sub>∞</sub>	R\$ 6.729,12	R\$ 2.035,43	R\$ 101,82
12% a.a.	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
	VPL	R\$ 20.996,98	-R\$ 1.269,87
VFL	R\$ 202.543,02	-R\$ 12.249,51	-R\$ 100.735,51
B/C	1,815814613	0,949949682	0,585713694

Continua...

*Continuação...*

<b>VET</b>	R\$ 23.425,42	-R\$ 1.416,74	-R\$ 11.650,72
<b>VPL<math>\infty</math></b>	R\$ 2.811,05	-R\$ 170,01	-R\$ 1.398,09
<hr/>			
<b>14% a.a.</b>	<b>Sítio 1</b>	<b>Sítio 2</b>	<b>Sítio 3</b>
<b>VPL</b>	R\$ 8.792,61	-R\$ 6.836,07	-R\$ 13.274,46
<b>VFL</b>	R\$ 120.841,10	-R\$ 93.951,43	-R\$ 182.437,43
<b>B/C</b>	1,366215309	0,712198966	0,438405661
<b>VET</b>	R\$ 9.482,57	-R\$ 7.372,50	-R\$ 14.316,13
<b>VPL<math>\infty</math></b>	R\$ 1.327,56	-R\$ 1.032,15	-R\$ 2.004,26

**Fonte:** Da autora, 2022.

No cenário 1, desbaste seletivo de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, para a taxa de desconto de 8%, os sítios 1 e 2 são viáveis economicamente, já para as taxas de 12 e 14%, apenas o sítio 1 é viável neste cenário.

No cenário 2, desbaste sistemático de 50% dos indivíduos aos 12 anos e corte final aos 20 anos, para a taxa de desconto de 8%, os sítios 1 e 2 são também viáveis economicamente, já para as taxas de 12 e 14%, apenas o sítio 1.

No cenário 3, desbaste seletivo de 35/15% dos indivíduos aos 12 e 16 anos e corte final aos 20 anos, para a taxa de desconto de 8%, os sítios 1 e 2 também são viáveis economicamente, já para as taxas de 12 e 14%, apenas o sítio 1 é viável neste cenário.

No cenário 4, desbaste sistemático de 35/15% dos indivíduos aos 12 e 16 anos e corte final aos 20 anos, para a taxa de desconto de 8%, os sítios 1 e 2 também são viáveis economicamente, já para as taxas de 12 e 14%, apenas o sítio 1 é viável neste cenário.

No cenário sem desbaste com corte raso aos 20 anos, verificou-se que para a taxa de 8%, todos os sítios foram viáveis. Para as demais taxas, o mesmo comportamento observado para os cenários com desbastes foi verificado. Apenas o sítio 1 neste cenário é viável economicamente para as taxas de 12 e 14%.

Ao comparar os valores dos indicadores econômicos dos cenários com desbaste com o sem desbaste verifica-se que para a taxa de 8% a melhor opção para todos os sítios é não desbastar. Quando a taxa de juros aumenta para 12 e 14%, o cenário 2, desbaste de 50% das árvores aos 12 anos e corte final aos 20 anos passa a ser a mais atrativa economicamente com maior retorno econômico do capital investido.

Estes resultados eram esperados, uma vez que para taxas menores de atratividade manejar o povoamento para a produção de diâmetros maiores pode não ser uma produção atrativa, uma vez que, as receitas obtidas com a madeira desbastada não compensam os custos com operações de desbastes. Já a taxas mais altas as opções que consideram os desbastes de árvores podem passar a ser mais atrativas.

Neste estudo foram considerados dados de custos secundários, encontrados na literatura, que não necessariamente refletem os verdadeiros custos do povoamento. Em relação aos preços dos produtos, é importante ressaltar que também foram considerados preços praticados no mercado internacional. A madeira de mogno africano, ainda não possui um mercado consolidado no Brasil e o único estudo encontrado na literatura sobre viabilidade econômica para a espécie, também considerou preços praticados no mercado internacional.

Todas as questões abordadas anteriormente, influenciam diretamente nos resultados dos indicadores econômicos portanto, os resultados apresentados neste estudo

refletem as condições em que o mesmo foi realizado e por isso devem ser sempre observados com cautela.

A otimização dos múltiplos produtos a partir de técnicas de pesquisa operacional podem trazer resultados interessantes para melhor manejo do povoamento estudado.

## 5 CONCLUSÃO

Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que:

- Nos cenários de desbaste estudados, desbastar sistematicamente em geral retornam maiores receitas brutas;
- Na taxa de 8% de desconto, todos os sítios são viáveis economicamente no corte final aos 20 anos sem desbaste;
- Para as taxas de 12 e 14% de desconto, remover 50% das árvores sistematicamente aos 12 anos e corte final aos 20 anos é a opção mais viável economicamente para o sítio 1 que é o sítio mais produtivo.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABPMA. Associação Brasileira dos Produtores de Mogno Africano. Disponível em: . Acesso em: 10 DE ABRIL, 2022.
- AGBEDAHUNSI, J. M.; FAKOYA, F. A.; ADESANYA, S. A. Studies on the anti-inflammatory and toxic effects of the stem bark of *Khaya ivorensis* (Meliaceae) on rats. *Phytomedicine*, v. 11, n. 6, p. 504-508, 2004.
- ALBUQUERQUE, Marcos Paulo Ferreira de et al. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 48, p. 9-16, 2013.
- ANDRADE, E. L. Problemas de Congestionamento das Filas. ANDRADE, EL Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões. Ed, v. 4, p. 104-120, 2009.
- ANDRADE, Valdir Carlos de Lima. Modelos de Taper do Tipo Expoente-Forma para Descrever o Perfil do Fuste de Árvores. *Pesquisa Florestal Brasileira, Brazilian Journal of Forestry Research, Colombo*, v. 34, n. 80, p. 271-283, out./dez. 2014.
- ANDRADE, Valdir Carlos Lima de & SCHMITT, Thaís. Modelos de Taper Empregados em Florestas Brasileiras Nativas e em Plantações Florestais sem Eucalipto e Pinus. *Advances in Forestry Science. Cuiabá*, v.4, n.1, p.89-92, 2017.
- ARCE, Julio Eduardo. Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte. 2000.
- ASSIS, A. L. de. Avaliação de Modelos Polinomias Segmentados e Não-segmentados na Estimativa de Diâmetros e Volumes Comerciais de Pinus taeda. 2000. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2000.
- BCB - Banco Central do Brasil. Cotações, 2022. Disponível em Acesso em:24/06/2022.
- BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. M. Sistema Computacional para Ajuste de Funções Densidade de Probabilidade. *Floresta Ambient.*, vol.24, . Nov.2017.
- BOUNGIORNO, Joseph; GILLESS, Keith J. Forest management and economics: a primer in quantitative methods. 1987.
- BUONGIORNO, Joseph; GILLESS, J. Keith. Decision methods for forest resource management, Joseph Buongiorno, J. Keith Gilles. 2003.
- CABI- Centre for Agriculture and Biosciences International. Forestry Compendium [online]. Wallingford: CAB International; 2013 [citado em 2013 aug 13]. Disponível em: [www.cabi.org/fc](http://www.cabi.org/fc)
- CAMPOS, B.P.F.; DA SILVA, G.F.; BINOTI, D.H.B.; DE MENDONÇA, A.R.; LEITE, H.G. Predição da altura total de árvores em plantios de diferentes espécies por meio de redes neurais artificiais. *Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 36, n. 88, p. 375-385, 2016.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. 5.ed. Viçosa: UFV, 2017. 636p.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. 5.ed. atual. e ampl. Viçosa: Ed. da UFV, 2017. 636p.

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

CASAROLI, Derblai et al. Aptidão edafoclimática para o mogno-africano no Brasil. *Ciência Florestal*, v. 28, p. 357-368, 2018.

CASTRO, Anderson Corrêa et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. *Ciência Rural*, v. 38, p. 2395-2402, 2008.

Chikumbo, O., 1996. Applicability of Dynamical Modeling and Theoretical Control Methods in Tree Growth Prediction and Planning. PhD thesis, The Australian National University, Canberra, ACT, Australia, pp. 274

Chikumbo, O., Hamilton, F., Leerson, P., 1997. Review of mean dominant height models for ash eucalypt species. *Aus. For.* 61(1), 21±26

Chikumbo, O., Mareels, I.M.Y., 1995. Dynamical models for ecological/environmental modeling and planning. In: Binning, P., Bridgman, H., Williams, B. (Eds.), *International Congress on Modeling and Simulation Proceedings*. The University of Newcastle, Newcastle, NSW, Australia, vol. 1, pp. 239±245.

COSTA, Mayra Souza. Viabilidade econômica dos sortimentos de um plantio de mogno africano (*Khaya* spp.) não desbastado. Monografia. Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG, 2022.

COSTA, Júlia Melo Franco Neves; CASTRO, Renato Vinícius Oliveira; SOARES, Thelma Shirlen. Crescimento, produção e simulação de desbastes para teca (*Tectona grandis* Lf). 2016.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.M. *Forest management*. New York: Mc Graw Hill Book Company, 1987. 790p.

DE ANDRADE, Valdir Carlos Lima. Modelos de taper do tipo expoente-forma para descrever o perfil do fuste de árvores. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 271-283, 2014.

DE ARAÚJO VIANA, Laíssa et al. OPTIMIZATION AND ECONOMIC ANALYSIS OF MULTIPRODUCTS OBTAINED FROM WOOD OF EUCALYPTUS STANDS UNDER DIFFERENT PRODUCTIVE CAPACITY CLASSES AND ROTATION AGES. **FLORESTA**, v. 51, n. 2, p. 293-302, 2021.

DE MIRANDA, Rodrigo Otávio Veiga et al. Métodos da curva guia e equação das diferenças na classificação de sítio e sua relação na descrição da altura em *Pinus taeda* L.

DE SOUSA LOPES, Lucas Sérgio et al. AJUSTE DE MODELOS DE TAPER E SORTIMENTO DE TORAS DE MOGNO AFRICANO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM BELTERRA, PARÁ. Revista Agroecossistemas, v. 10, n. 1, p. 18-28, 2018.

Dias, A. N., Leite, H. G., Nogueira, G. S., & Rodrigues, F. L. (2005). Avaliação de métodos de ajuste de curvas de índices de local em povoamentos de eucalipto desbastados. *Árvore*, 29(5), 741-747.

DOBNER JR., M.; HUSS, J. Desbaste pelo alto, uma alternativa rentável para povoamentos de Pinus taeda no Sul do Brasil. Pomerode: Impressora Mayer, 2015.

DYKSTRA D P. 1984. Mathematical programming for natural resource management. McGraw Hill Book Co. New York. 318 p.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Valores da Terra Nua 2022. Disponível em: . Acesso em: 23/06/2022.

Falesi, I. C. & Baena, A. R. C. Mogno-africano Khaya ivorensis A.Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4).

Figueiredo, E. O. et al. Teca (Tectona grandis L.f.): principais plantas do futuro empreendedor florestal. Rio Branco, AC, Brasil, 2005.

FRITZSONS, Elenice et al. Zoneamento climático para plantio experimental de Pinus maximinoi no Estado de São Paulo. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 32, n. 69, p. 79-79, 2012.

GALLAFASSI, Natalia Gemo et al. Crescimento de Pinus taeda L. submetido a diferentes tipos e intensidades de desbaste. 2021.

GOYCOCHEA CASAS, Gianmarco. Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de eucalipto utilizando regressão, redes neurais artificiais e redes profundas. 2021.

GUERA, Ouorou Ganni Mariel et al. SIMULAÇÕES DE DESBASTES EM PLANTIOS DE Pinus caribaea Morelet var. caribaea Barrett & Golfari. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 2, p. 146-152, 2019.

HILLIER, F.S., LIEBERMAN, G.J. Introduction to Operations Research. Edição 9. 2009. 1132p.

ITTO- International Tropical Timber Organization. Annual review and assessment of the world timber situation [online]. Yokohama: ITTO; 2008 [citado em 2013 set 15]. Disponível em: [http://www.itto.int/annual\\_review/](http://www.itto.int/annual_review/)

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. IUCN RedList. Cambridge, 2018. Disponível em : <http://iucnrl.org/>

JUNIOR, Clovis Pierozan et al. Viabilidade econômica da produção de *Khaya ivorensis* em pequena propriedade no Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.

LAFFITTE, Luana Feres Rodrigues Silva. Avaliação econômica da produção madeireira de *Pinus taeda* e *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes regimes de manejo.

LUSTOSA JÚNIOR, I. M.; LIMA, M. B. O.; NASCIMENTO, B. G.; MEIRA JÚNIOR, M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelos de Afilamento e Otimização de Multiprodutos de um Povoamento de *Eucalyptus* não Desbastado. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 59-65, dez. 2017. ISSN 2358-6303

MARINS, Fernando Augusto Silva. Introdução à pesquisa operacional. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, 2011.

Mathias, J. Mogno africano: com madeira de qualidade e boa demanda internacional, a árvore é alternativa interessante para silvicultores e para quem quer ocupar espaço ocioso na propriedade. *Globo Rural*, 2012. Disponível em: . Acesso em: 02 de julho 2022.

MCGUIGAN, B. N. A log resource allocation model to assist forest industry managers in process selection and location, wood allocation and transportation and production planning. *Appita*, v. 37, n. 4, p. 289-296, 1984.

MELO, Jorge Nazareno Batista. Uma proposta de ensino e aprendizagem de programação linear no ensino médio. 2012.

MENDONÇA, Adriano Ribeiro de et al. Modelagem da produção de sortimentos em povoamentos de eucalipto. *Cerne*, v. 20, n. 4, p. 587-594, 2014.

MIGUEL, Eder Pereira et al. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. *Floresta*, v. 41, n. 2, 2011.

NEWTON, A. C. et al. The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management*, v. 57, n. 1-4, p. 301-328, 1993.

OLIVEIRA LAFETÁ , B.; DIAS PASCOAL , F.; DA COSTA ILHÉU FONTAN , I.; JUNQUEIRA SARTORI , C.; MOUSSLECH ANDRADE PENIDO , T.; DA SILVA MADUREIRA , N. F.; DOS SANTOS VIEIRA , D. Simulação e avaliação econômica para o primeiro desbaste de *Khaya ivorensis* A. Chev. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, [S. l.], v. 19, n. 44, 2022. DOI: 10.18845/rfmk.v19i44.6101. Disponível em: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/6101>. Acesso em: 22 jun. 2022.

OLIVEIRA, Roberta Rodrigues. Crescimento e Produção de um Povoamento de *Khaya* spp. no Norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG, 2021.

OPUNI-FRIMPONG, E. et al. Key roles of leaves, stockplant age, and auxin concentration in vegetative propagation of two African mahoganies: *Khaya anthotheca* Welw. and *Khaya ivorensis* A. Chev. *New Forests*, v. 36, n. 2, p. 115-123, 2008.

PEGO, M. F. F.; ASSIS, A. L. de; CABACINHA, C. D. Classificação de sítios florestais em povoamentos de eucalipto na microrregião de Salinas, Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 1-5, jun. 2015.

PEREIRA, Bruno. Otimização da produção madeireira de um povoamento de eucalipto. 2015.

Pinheiro AL, Couto L, Pinheiro DT, Brunetta JMFC. Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilizações dos mognos-africanos (*Khaya* spp.). Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura; 2011.

POLTRONIERI, LUIZ S. et al. Detecção de *Phamerochaete salmonicolor* em mogno africano no estado do Pará. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. 321-321, 2002.

POKORNY, B.; FERREIRA C. P.; STEINBRENNER, M.. Custos de Operações Florestais: Noções e Conceitos. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 80 p.

READ, Mike. Mahogany: forests or furniture?. Brighton: Fauna and Flora Preservation Society, 1990.

REIS C. F. et al. Caracterização das Espécies Pertencentes ao Gênero *Khaya* de interesse no Brasil. In: REIS, C. F.; OLIVEIRA, E. B. de; SANTOS, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): Atualidades e Perspectivas do Cultivo no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Cap. 1, p.12- 49.

REIS, Cristiane Aparecida Fioravante et al. Caracterização das espécies pertencentes ao gênero *Khaya* de interesse no Brasil. **Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

RETSLAFF, F. A. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; BERNETT, L. G.; FIGURA, M. A. Curvas de sítio e relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* na região dos Campos Gerais, Paraná. *Cerne*, Lavras, v. 21, n. 2, p. 219–225, jan. 2015. [Acessado 08 Junho 2022]. <https://doi.org/10.1590/01047760201521021349>

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. Análise Econômica e Social de Projetos Florestais. 1ª. Edição. Viçosa, UFV, 2013. 385p.

REZENDE, JLP de; OLIVEIRA, AD de. Avaliação de projetos florestais. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1993.

RIBEIRO A, FerrazACFo, Scolforo JRS. Inventário florestal contínuo de plantios de Mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no estado de Minas Gerais. In: Corte APD, Sanqueta CR, Rodrigues AL, Machado AS, Péllico S No, Figueiredo A Fo, Nogueira GS, editores. *Atualidades em mensuração florestal*. Curitiba: EMBRAPA; 2014

RIBEIRO, A. et al. Financial and Risk Analysis of African Mahogany Plantations in Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 2, n. 42, p. 148-158, mar- abr. 2018.

Ribeiro, A. et al. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mognoafricano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. *Floresta e Ambiente*, n. 24, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.076814.

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, n. 2, p. 148-158, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018422026717.

RIBEIRO, Andressa; FERRAZ FILHO, Antônio Carlos; DE OLIVEIRA, Edilson Batista. Usos, importância econômica e perspectivas de mercado. **Embrapa Florestas- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

RIBEIRO, Andressa; FERRAZ, Antonio Carlos; SCOLFORO, José Roberto Soares. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017.

RIBEIRO, C. A. D. Delimitação de zonas agroclimáticas para a cultura do Eucalipto no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

RIBEIRO, N.; SITEO, A. A.; GUEDES, B. S.; STAISS, C. Manual de Silvicultura Tropical. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane, 2012.

ROBERTS, Hywel et al. A survey of the important shoot, stem, wood, flower and fruit boring insects of the Meliaceae in Nigeria. A survey of the important shoot, stem, wood, flower and fruit boring insects of the Meliaceae in Nigeria., n. 15, 1966.

ROCHA, José Sales Mariano da. Manual de projetos ambientais. 1997.

RODRIGUES, Flávio Lopes et al. Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear: uma aplicação da teoria do modelo II. *Revista Árvore*, v. 22, n. 2, p. 193-213, 1998.

RODRIGUEZ, Luiz Carlos Estraviz. Técnicas quantitativas para a gestão de florestas plantadas. Piracicaba: ESALQ, USP, Departamento de Ciências Florestais, 1999.

RODRIGUEZ, LUIZ CARLOS ESTRAVIZ; LIMA, ABNPM A. A utilização da programação linear na determinação de uma estratégia ótima de reforma de um talhão florestal. *IPEF*, v. 31, p. 47-53, 1985.

SANTOS, André Luis dos. Uso da programação linear na identificação de estratégias ótimas de regulação florestal considerando mix de consumo. 2012.

SANTOS, M. A. et al. Modelagem da Distribuição Diamétrica para Eucalipto Seminal na Região Centro Oeste de Mato Grosso. *Advances in Forestry Science*, Cuiabá, v.6, n.2, p.639- 643, 2019. ISSN: 2357-8181.

- SANTOS, M. A.; MADI, J. P. S.; DRESCHER, R.; MÔRA, R.; BIAZATTI, S. C. Modelagem da distribuição diamétrica para Eucalipto seminal na região Centro Oeste de Mato Grosso. *Scientia forestalis*: Cuiabá, v.6, n.2, p. 639-643, 2019.
- SCHROEDER, Jocimari Tres et al. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. *Revista Gestão Industrial*, v. 1, n. 2, 2005.
- SCOLFORO, J. R. S. & THIERSCH, C. R. *Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria*. Lavras: UFLA/FAEP, 2004.
- SCOLFORO, J. R. S. *Biometria Florestal: Modelos de crescimento e produção florestal*. Lavras. UFLA/FAEP, Lavras, 2006, 393p.
- SCOLFORO, J. R. S. *Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. (Textos Acadêmicos).
- SCOLFORO, J. R. S. Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal, parte 1. Lavras: ESAL, FAPE, 1994. 188p.
- SEDIYAMA, Gilberto Chohaku et al. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.
- SILVA, G. C. C. Modelagem do crescimento e da produção florestal em povoamentos de eucalipto desbastado e não desbastado. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.
- SILVA, Liniker Fernandes da et al. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. *Floresta e Ambiente*, v. 23, p. 362-368, 2016.
- SILVA, Márcio Lopes da; FONTES, Alessandro Albino. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. *Revista Árvore*, v. 29, p. 931-936, 2005.
- SIQUEIRA, Joésio Deoclécio Pierin et al. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose SA e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. *Floresta*, v. 34, n. 2, 2004.
- Sistema de informações para planejamento florestal no cerrado brasileiro: v.2 [recurso eletrônico] / organização de Luciana Duque Silva...[et al.]. - - Piracicaba : ESALQ - USP, 2021. 95 p. : il.
- SOARES, Thelma Shirlen; CARVALHO, Rosa Maria Miranda Armond; VALE, Antonio Bartolomeu do. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. *Revista Árvore*, v. 27, p. 689-694, 2003.
- SOUZA, Carlos Alberto Martinelli de. Avaliação de Modelos de Taper Não Segmentados e Segmentados na Estimativa da Altura e Volume Comercial de Fustes de *Eucalyptus* sp. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, 2007.

- TAHA, Hamdy A. Investigación de operaciones. Pearson Educación, 2004.
- Teixeira, V. C. M. Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). 2011. Monografia (Engenheiro Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica.
- VITALE, V.; MIRANDA, G. de M. Análise Comparativa da Viabilidade Econômica de Plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* na Região Centro-Sul do Paranáfloresta. Floresta, Curitiba, PR. v. 40, n. 3, p. 469-476, jul./set. 2010.
- Vitor, Paula Carolina Gomides. Modelagem do Crescimento e Produção em Povoamentos Desbastados de *Eucalyptus grandis*. / Paula Carolina Gomides Vitor. – Lavras : UFLA, 2016. 123 p.
- WARD, Sheila E.; BOSHIER, David; GROGAN, James. Sustainable management of high-value timber species of the Meliaceae-Introduction. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, v. 255, n. 2, 20
- WEBER, V. P.; FINGER, C. A. G.; FLEIG, F. D.; SOUZA, C. A. M.; MUNARETO, F. F.; SILVA, L. T. M. Diretrizes para desbaste de *Pinus taeda* L. em função da altura dominante. Ciencia Florestal, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 193-201, 2013.
- XAVIER, Laura Vieira et al. Métodos de construção de curvas de sítio e suas implicações na prognose da produção de povoamentos de *Eucalyptus* sp. 2022.