

Submetido 23/10/2023. Aprovado 07/07/2024

Avaliação: revisão duplo-anônimo

Análise econômica de multiprodutos de um povoamento de eucalipto em curta rotação

ECONOMIC ANALYSIS OF MULTI-PRODUCTS FROM A SHORT ROTATION EUCALYPTUS PLANTATION

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS MULTIPRODUCTOS DE UNA PLANTACIÓN DE EUCALIPTO DE ROTACIÓN CORTA

Hélio Antônio de Oliveira Junior

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

helio.engflorestal@gmail.com

Edmilson Santos Cruz

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

edmilson_santos_cruz@ufj.edu.br

Thelma Shirlen Soares

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

thelmasoares@ufj.edu.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da produção de clones de *Eucalyptus* spp., considerando um único produto e multiprodutos oriundos da madeira. Foram empregados dados de um povoamento clonal com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m e idade de quatro anos, localizado no município de Jataí, Goiás. Os cenários avaliados foram: i) toda a produção destinada ao uso único (lenha); e ii) produção destinada a multiprodutos (duas opções de toras para lenha, mourão para cerca e poste). A quantificação do volume comercial para os diferentes produtos foi obtida pelo software DynaTree. Para a análise econômica, utilizaram-se os métodos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), aplicando a taxa de desconto de 10% a.a. Adicionalmente, realizou-se a análise de sensibilidade do VPL, considerando variações de 6% a 12% nas taxas de desconto e aumentos de 25% a 150% no custo de implantação do povoamento. Verificou-se que, para a taxa de 10% a.a., somente a opção de conversão do povoamento em multiprodutos foi economicamente viável (VPL = R\$ 5.861,45/ha e TIR = 30,1%). Na análise de sensibilidade, em nenhum cenário avaliado a conversão do povoamento para um único produto foi viável do ponto de vista econômico. As variações na taxa de juros demonstraram viabilidade para a opção de multiprodutos, com a lucratividade sendo inversamente proporcional ao aumento da taxa. A simulação do aumento do custo de implantação apresentou viabilidade com acréscimos de até 125%. Conclui-se que os multiprodutos constituíram a melhor alternativa de remuneração do povoamento em estudo.

Palavras-chave: economia florestal; Valor Presente Líquido; Taxa Interna de Retorno.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the economic viability of producing *Eucalyptus* spp. clones, considering a single product and multiple products derived from wood. Data was used from a clonal stand with a spacing of 3.0 m x 2.0 m and an age of four years, located in the municipality of Jataí, Goiás. The scenarios evaluated were: I) all production destined for single use (firewood); and II) production destined for multi-products (two log options for firewood, fence posts and poles). The commercial volume for different products was quantified using the DynaTree software. For the economic analysis, the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) methods were used, applying a discount rate of 10% per year. In addition, a sensitivity analysis of the NPV was carried out considering variations of between 6% and 12% in the discount rates and increases of between 25% and 150% in the cost of setting up the plantation. It was found that 10% p.a. rate, only the option of converting the stand into multiproducts was economically viable (NPV = R\$ 5,861.45/ha and IRR = 30.1%). In the sensitivity analysis, the conversion of the stand to a single product was not economically viable in any of the scenarios evaluated. The interest rate variations evaluated demonstrated the viability of the multi-product option, with profitability inversely proportional to the increase in the rate. The simulation of the increase in implementation costs proved viable with increases of up to 125%. Multi products were the best alternative for remunerating the stand under study.

Keywords: forestry economics; Net Present Value; Internal Rate of Return.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad económica de la producción de clones de *Eucalyptus* spp., considerando un único producto y múltiples productos derivados de la madera. Se utilizaron datos de un rodal clonal con espaciamiento de 3,0 m x 2,0 m y edad de cuatro años, localizado en el municipio de Jataí, Goiás. Los escenarios evaluados fueron: I) toda la producción destinada a uso único (leña); y II) producción destinada a multiproductos (dos opciones de troncos para leña, postes para cercas y postes). El volumen comercial para los diferentes productos se cuantificó utilizando el *software DynaTree*. Para el análisis económico se utilizaron los métodos del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), aplicando una tasa de descuento del 10% anual. Además, se realizó un análisis de sensibilidad del VAN considerando variaciones de entre el 6% y el 12% en los tipos de descuento e incrementos de entre el 25% y el 150% en el coste de establecimiento del rodal. Se constató que, para la tasa del 10% anual, sólo la opción de conversión del rodal en multiproducto era económicamente viable (VAN = 5.861,45 R\$/ha y TIR = 30,1%). En el análisis de sensibilidad, la conversión del rodal en monoproducto no fue económicamente viable en ninguno de los escenarios evaluados. Las variaciones del tipo de interés evaluadas mostraron que la opción multiproducto era viable, con una rentabilidad inversamente proporcional al aumento del tipo. La simulación del aumento de los costes de implantación resultó viable con incrementos de hasta el 125%. Los multiproductos fueron la mejor alternativa para remunerar el stand objeto de estudio.

Palabras clave: economía forestal; Valor actual neto; Tasa interna de rentabilidad.

Introdução

No Brasil, em 2022, a área total plantada com florestas foi de 9,94 milhões de hectares, sendo 7,6 milhões de hectares de eucalipto. Nesse mesmo ano, o setor florestal gerou 2,6 milhões de postos de trabalho diretos e indiretos, e toda a cadeia produtiva contribuiu com 1,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, o que demonstra a relevância do setor florestal na economia brasileira (IBÁ, 2023).

O eucalipto é utilizado de várias maneiras, como matéria-prima para a fabricação de papel por meio da celulose, fabricação de móveis, estruturas em construção civil, lenha, carvão, além disso a madeira serrada pode ser transformada em tábuas, aglomerados e compensados. Também é possível sua utilização na produção de óleos essenciais para cosméticos e insumos para indústrias farmacêuticas.

A madeira proveniente dos povoamentos de eucalipto era, até alguns anos, exclusivamente voltada para a produção de matéria-prima ou abastecimento para as empresas de grandes setores industriais brasileiros. Contudo, com o crescente desenvolvimento de novos produtos e o aumento da demanda de mercado por produtos madeiráveis, as empresas do setor florestal buscaram ampliar as possibilidades de utilização da madeira e diversificar sua produção com bioprodutos derivados dos componentes da madeira (Assis *et al.*, 2002; Soares *et al.*, 2003; Longue Júnior; Colodette, 2013).

Os desperdícios causados pelo processamento das árvores têm induzido a pesquisa e o desenvolvimento de modelos aplicados ao manejo de florestas, com o objetivo de auxiliar na definição do uso da madeira, a fim de torná-las mais rentáveis, diante da finalidade de cada plantio (Lustosa Júnior *et al.*, 2017).

Em razão dos vários fins que se pode obter com o eucalipto, é importante verificar se é possível potencializar o retorno financeiro de acordo com sua utilização, visto que, no Brasil, existem alguns fatores que influenciam positivamente a produção de eucalipto, como clima e tecnologia.

Com a ampla utilização do eucalipto, é possível otimizar o ganho econômico por meio de usos múltiplos ou sortimentos, ou seja, a utilização da árvore para diversos produtos. Isso faz com que a receita não seja muito impactada com as oscilações do mercado, uma vez que cada produto terá seu preço de mercado diferenciado (Lustosa Júnior *et al.*, 2017). No entanto, essa utilização voltada para múltiplos produtos ainda não é muito empregada, em virtude da escassez de estudos sobre a viabilidade econômica em plantios de curta rotação, que poderiam auxiliar os produtores florestais em sua tomada de decisão (Santos, 2010).

A destinação da árvore para multiprodutos pode garantir o aproveitamento do fuste, com o corte dos troncos para cada finalidade, considerando as dimensões e a qualidade. Isso proporciona um rendimento econômico maior e um melhor aproveitamento do povoamento florestal.

Em florestas com planejamento para multiprodutos, há uma maximização de lucros em comparação com o uso de um único produto (Assis *et al.*, 2002). Entretanto, a grande maioria dos produtores realiza plantios sem um objetivo definido e, com isso, não consegue determinar o período mais adequado para o corte nem obter um bom aproveitamento da madeira.

Nesse sentido, destinar a madeira de uma mesma árvore para multiprodutos é uma alternativa para aumentar a receita, visto que cada produto tem o seu preço de mercado diferenciado, de acordo com o seu porte e suas dimensões, seja para usos mais nobres, como serraria, ou para usos menos nobres, como lenha, celulose ou carvão vegetal. Portanto, torna-se interessante a avaliação da viabilidade econômica da produção madeireira destinada a multiprodutos, em vez de destinar toda a madeira a um único uso. Segundo Castro *et al.* (2011), a aplicação de critérios de análise econômica torna-se fundamental para subsidiar as decisões nas escolhas dos melhores projetos e/ou alternativas a serem implementadas.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da produção de madeira a partir de clones de *Eucalyptus* spp., implantados em Jataí, GO, considerando tanto um único produto quanto multiprodutos derivados da madeira.

Material e métodos

Os dados dendrométricos empregados neste estudo foram provenientes de um povoamento de eucalipto implantado às margens da rodovia BR-364, no município de Jataí, GO, com coordenadas de 51°35'0,732"O e 17°52'30,203"S.

O município de Jataí, segundo a classificação de Köppen, atualizada por Alvares *et al.* (2014), tem um clima do tipo Aw, tropical de savana e megatérmico, caracterizado por duas estações bem definidas e com regime distinto de precipitação, ocorrendo o maior índice pluviométrico de outubro a março e tendo um período de estiagem compreendido entre abril e setembro. O solo predominante na área de estudo, segundo Sepulveda Neto (2014), é o latossolo vermelho distroférrico.

O povoamento tem 19,676 há, sendo composto pelos clones: I 144 (híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*), VM 01 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*) e 1277 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), implantados no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e avaliados neste estudo aos quatro anos de idade.

Por meio do censo realizado na área para outro estudo, obteve-se a distribuição de frequência por classe diamétrica, pelo método empírico, utilizando uma amplitude de classe de 2 cm. Considerou-se o limite inferior da primeira classe correspondente ao diâmetro mínimo de inclusão, ou seja, 5 cm, resultando em seis classes diamétricas (Sepulveda Neto, 2014).

Classe diamétrica (cm)	Altura total média (m)	Frequência (número de árvores)
5,0 – 7,0	10,8	1976
7,0 – 9,0	13,2	4293
9,0 – 11,0	15,3	7277
11,0 – 13,0	16,9	3639
13,0 – 15,0	18,7	338
15,0 – 17,0	20,4	8
Total	15,9	17531

Tabela 1 - Distribuição de frequência por classe diamétrica em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO
Fonte: Elaborada pelos autores.

A estimativa da produção foi realizada por meio de modelos de afilamento, também denominados funções de *taper*. Para o ajuste dos modelos de afilamento, empregaram-se dados da cubagem rigorosa realizada por Sepulveda Neto (2014), que amostrou 96 árvores, resultando em 32 árvores por clone.

A avaliação de multiprodutos da madeira exige uma descrição do perfil do fuste, quer dizer, exige a determinação ou estimativa de vários diâmetros ao longo um do outro, por meio de modelos de afilamento (Husch; Beers; Kershaw Junior, 2002). Dessa forma, o uso desses modelos torna-se uma ferramenta obrigatória para a quantificação dos multiprodutos, uma vez que as alternativas de uso são formuladas em razão das variáveis: comprimento, diâmetro máximo e diâmetro mínimo das toras (Lima *et al.*, 1997).

Os modelos de afilamento comparados foram os de Kozak, Munro e Smith (1969) e Demaerschalk (1972), cujas relações funcionais das funções gerais estão apresentadas na Tabela 2. Esses modelos foram selecionados por estarem disponíveis no input no software de otimização de multiprodutos da madeira DynaTree, versão 2.0, desenvolvido por Leite e Ribeiro (2002).

Autor	Modelo*
Kozak, Munro e Smith (1969)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{HT}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{HT}\right)^2 + \varepsilon_i$
Demaerschalk (1972)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = 10^{2\beta_0} dap^{2(\beta_1-2)} HT^{2\beta_2} (HT-h_i)^{2\beta_3} + \varepsilon_i$

Tabela 2 - Modelos de *taper* ajustados para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*Em que: d_i = diâmetro comercial na altura h_i (cm); dap = diâmetro medido a 1,30 m de altura do solo (cm); HT = altura total (m); h_i = altura onde ocorre o diâmetro comercial d_i (m); $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros do modelo; ε_i = erro aleatório $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma^2)$.

Fonte: Campos; Leite (2017).

Para realizar os ajustes, utilizou-se o software R, empregando a técnica de ajuste não linear por processo iterativo. A função `nls`, implementada na base do próprio software, foi aplicada com o algoritmo de Gauss-Newton, conforme script desenvolvido por Môra (2015). O desempenho das equações obtidas foi verificado por meio do coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), do erro padrão da estimativa percentual (S_{yx} %) e da análise gráfica dos resíduos percentuais.

Para a quantificação do volume das árvores foi aplicado o modelo que apresentou o melhor ajuste para descrever o afilamento dos fustes das árvores. O cálculo do volume comercial de cada árvore, para diferentes produtos, foi realizado no software DynaTree, versão 2.0, desenvolvido por Leite e Ribeiro (2002), o qual permite uma ótima conversão de fustes em toras de forma a otimizar a receita final.

Na sequência, de forma análoga à realizada por Lustosa Júnior *et al.* (2017), foram considerados dois cenários: cenário I, em que toda a produção foi destinada ao uso único (lenha – denominado energia 1); cenário II, em que a produção foi destinada a multiprodutos (duas opções de toras para lenha – energia 1 e energia 2, mourão para cerca e poste) de forma otimizada.

As especificações de uso foram definidas em razão dos padrões comumente empregados para toras de eucalipto em Jataí, GO. Para a especificidade de cada cenário, levou-se em consideração as medidas de cada sortimento escolhido e seu valor comercial (Tabela 3).

Sortimento	Comprimento (m)	Diâmetro (cm)		Valor (R\$)*
		mínimo	máximo	
Lenha (energia 1)	2,0	5,0	30,0	108,21/m ³
Lenha (energia 2)	1,1	5,0	30,0	108,21/m ³
Mourão	2,2	8,0	15,0	15,30/unidade
Poste	7,0	10,0	20,0	105,00/unidade

Tabela 3 - Especificação de cada sortimento utilizado nos cenários avaliados para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*A pesquisa de preço foi realizada no mês de setembro de 2021, tendo em vista a conversão média do real para o dólar equivalente nesse período: US\$ 1,00 = R\$ 5,28.¹

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a configuração dos sortimentos e a inserção dos valores dos respectivos produtos, preços e equação de afilamento, buscou-se um corte que possibilitasse maior retorno financeiro para a destinação da madeira. Como resultado, o software DynaTree

¹ Cotação mensal do dólar consultado em: Banco Central do Brasil (Cotações [...], 2021).

forneceu o percentual de aproveitamento da tora, considerando, entre as diferentes combinações de cortes possíveis, aquela que garantisse mais retorno financeiro.

Em seguida, para a realização da análise econômica, foram obtidas informações referentes aos custos de implantação, de manutenção (tratos culturais) e de colheita do povoamento (Tabela 4).

Item	Ano de Ocorrência	Valor (R\$)*
Implantação	0	4.000,00/ha
Tratos culturais	1 a 2	2.000,00/ha
Tratos culturais	3	1.300,00/ha
Tratos culturais	4	500,00/ha
Colheita e transporte	4	20,00/m ³

Tabela 4 - Custos de produção da madeira de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*A pesquisa de preço foi realizada no mês de setembro de 2021, tendo em vista a conversão média do real para o dólar equivalente nesse período: US\$ 1,00 = R\$ 5,38.²

Fonte: Elaborada pelos autores.

Desse modo, realizou-se a verificação da viabilidade econômica dos multiprodutos em comparação com o uso da madeira para apenas uma finalidade, aplicando os métodos Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), com base em uma taxa de juros alternativa de mercado de 10% ao ano.

Segundo Rezende e Oliveira (2013), o VPL e a TIR são métodos que consideram o valor do capital no tempo, ou seja, atribuem diferentes ponderações às receitas líquidas, levando em conta sua distribuição no decorrer do tempo, sendo indicados para a análise de projetos no setor florestal. O cálculo do VPL e da TIR foi realizado por meio das seguintes expressões:

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

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

Em que:

VPL = valor presente líquido (R\$/ha);

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros ao ano;

j = período em que as receitas ou os custos ocorrem;

n = número de períodos ou duração do projeto;

TIR = taxa interna de retorno (%).

Um projeto é compreendido como economicamente viável quando o VPL é maior que zero e, ao ser comparado com outros projetos, aquele com o maior VPL é considerado o mais vantajoso (Folmann *et al.*, 2014). Além disso, a viabilidade também é confirmada quando a TIR é maior que uma taxa mínima de atratividade (Pedroso Filho *et al.*, 2018).

² Cotação mensal do dólar consultado em: Banco Central do Brasil (Cotações [...], 2021).

A taxa mínima de atratividade considerada neste estudo foi de 6% ao ano, definida com base na remuneração da poupança bancária. Essa definição foi determinada porque a caderneta de poupança é considerada, conforme Ribaski (2007) e Melo (2021), um investimento de baixo risco e de fácil acesso, apesar de sua baixa rentabilidade.

De forma complementar, realizou-se a análise de sensibilidade do VPL em relação às variações nas taxas de desconto e no custo de implantação, de modo a verificar a influência desses fatores na viabilidade econômica dos cenários avaliados.

A análise de sensibilidade com relação às taxas de desconto consistiu na aplicação de taxas de 6% a 12% ao ano, variação comumente observada no setor florestal (Souza, 2005; Rezende; Oliveira, 2013). Conforme relatam Virgens, Freitas e Leite (2016), a análise do VPL referente à variação da taxa de juros busca retratar possíveis cenários em decorrência da flexibilização da respectiva taxa durante o horizonte de planejamento avaliado, o que poderia ocorrer em virtude da estabilidade ou instabilidade econômica no período. Já na análise de sensibilidade em relação a variações do custo de implantação, consideraram-se aumentos de 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150%.

Resultados e discussão

As equações obtidas pelo ajuste dos modelos de afilamento avaliados neste estudo apresentaram parâmetros significativos. A equação gerada pelo modelo de Demaerschalk destacou-se por sua maior acurácia, evidenciada pelo maior coeficiente de determinação ajustado, menor erro padrão residual e distribuição gráfica de resíduos menos tendenciosa (Tabela 5 e Gráfico 1), sendo, portanto, escolhida para ser aplicada em um sistema de otimização de corte de toras para obtenção de multiprodutos.

Modelo	Parâmetros estimados				R ² _{aj.} (%)	S _{yx} (%)
	β_0	β_1	β_2	β_3		
Kozak, Munro e Smith	1,2183*	-2,5203*	1,4316*	-	93,5	9,92
Demaerschalk	0,1302*	0,9554*	-0,9867*	0,9511*	96,5	0,42

Tabela 5 - Parâmetros e estatísticas de ajuste das equações de afilamentos para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*Significativo pelo teste T ao nível de 5% de significância. Em que: β_0 , β_1 , β_2 , β_3 = parâmetros estimados; R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado (%); S_{yx} = erro-padrão da estimativa (%).

Fonte: Elaborada pelos autores.

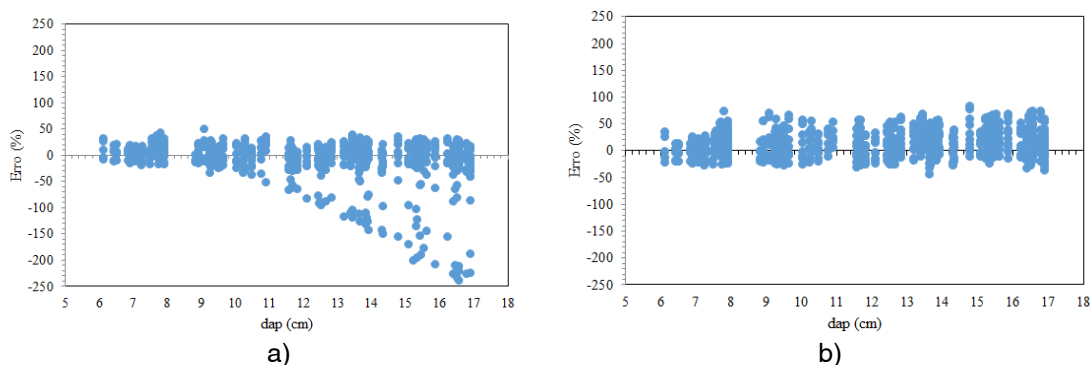


Gráfico 1- Distribuição gráfica de resíduos para as equações obtidas por meio dos modelos de afilamento de Kozak, Munro e Smith (a) e Demaerschalk (b) para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborado pelos autores.

Menezes *et al.* (2020), avaliando cinco modelos de afilamento de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* para aplicação em um sistema de otimização de corte das árvores em multiprodutos da madeira, também verificaram que o modelo de Demaerschalk foi o mais adequado, corroborando o resultado deste estudo.

A estrutura otimizada gerada pelo DynaTree, ou seja, o produto que proporcionou o máximo retorno financeiro com o mínimo de desperdício possível em cada classe diamétrica, é apresentada na Tabela 6.

Classe diamétrica (cm)	Uso Único			Multiprodutos		
	Sortimento	Volume (m ³ /ha)	Quantidade	Sortimento	Volume (m ³ /ha)	Quantidade
5,0 – 7,0	Lenha (E1)	1,0837	4	Lenha (E1)	0,6240	1
7,0 – 9,0	Lenha (E1)	5,4486	6	Lenha (E1)	5,2258	3
9,0 – 11,0	Lenha (E1)	17,8158	9	Lenha (E1)	5,1717	2
				Mourão	11,7567	2
11,0 – 13,0	Lenha (E1)	13,8625	10	Lenha (E1)	2,6452	2
				Mourão	11,1184	3
13,0 – 15,0	Lenha (E1)	1,9357	12	Lenha (E1)	0,2465	2
				Mourão	1,6818	4
15,0 – 17,0	Lenha (E1)	0,0654	14	Lenha (E1)	0,0085	2
				Lenha (E2)	0,0012	1
				Mourão	0,0080	1
				Poste	0,0480	1
Total	-	40,2117	55	-	38,5358	24

Tabela 6 - Estrutura ótima de corte das árvores por classe diamétrica e uso em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

É importante ressaltar que o povoamento em estudo apresentou um percentual significativo de mortalidade no momento do plantio, cujas mudas não foram replantadas na sua totalidade, apresentando também o mesmo comportamento no primeiro ano de condução do plantio. Tal fato fez com que o povoamento aos quatro anos de idade apresentasse um número de árvores reduzido, 47% a menos do que o esperado. No município de Jataí, esse comportamento é comum, ou seja, em alguns casos nos quais os produtores destinam parte da área de suas propriedades para o plantio de eucalipto, mas não dão a devida atenção aos tratos culturais necessários para a boa condução do povoamento.

Para a opção de produção de multiprodutos, verificou-se que, nas classes diamétrica de 5,0 cm a 9,0 cm, toda a madeira produzida foi destinada para lenha (E1), pois suas dimensões não permitiram aproveitamento para outros usos. Nas classes de 9,0 cm a 15,0 cm, a madeira foi destinada para lenha e mourão, e na classe acima de 15,0 cm foi possível obter todos os produtos. Ao observar os multiprodutos, o mourão foi o produto que teve o maior aproveitamento de madeira, seguido pela lenha (E1), poste e lenha (E2). A opção de conversão das toras em postes foi a menor, em virtude de o povoamento apresentar mais quantidade de árvores que não atingem a dimensão diamétrica mínima exigida.

Na opção uso único, o volume obtido para o uso de lenha (E1) foi de 40,2117 m³/ha, ao passo que, na opção de uso múltiplo, o volume total obtido foi de 38,5358 m³/ha. Na opção de multiprodutos, o maior volume da madeira foi aproveitado para mourões

(63,746%), seguido de lenha - E1 (36,127%), postes (0,125%) e lenha - E2 (0,003%). Para uso único, o volume foi de 40,2117 m³/ha para lenha (E1) ao valor de R\$ 108,21 m³, resultando em uma receita bruta de R\$ 4.351,31 ha. Em relação aos multiprodutos, obteve-se 24,5649 m³/ha para mourão, que corresponde a 1363,66 toras, com receita bruta total de R\$ 20.864,00 ha; 0,0480 m³/ha para poste correspondente a 0,41 toras, com receita de R\$ 43,05 ha; 13,9217 m³/ha para lenha (E1), com receita de R\$ 1.506,47 ha; e 0,0012 m³/ha para lenha (E2), gerando receita de R\$ 0,13 ha, conforme Tabela 7.

Uso	Volume obtido (m ³ /ha)	Receita (R\$/ha)
Único	40,2117	4.351,21
Lenha	40,2117	4.351,31
Multiprodutos	38,5358	22.413,65
Mourão	24,5649	20.864,00
Lenha (E1)	13,9217	1.506,47
Poste	0,0480	43,05
Lenha (E2)	0,0012	0,13

Tabela 7 - Volume obtido e receita para um único uso e para multiprodutos para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados do VPL e da TIR, com base na taxa de desconto de 10% ao ano, são apresentados na Tabela 8, na qual verificou-se que apenas a opção de uso múltiplo apresentou-se economicamente viável. A TIR obtida pela opção multiprodutos confirma a viabilidade dessa opção, uma vez que a TIR foi superior à taxa de referência do mercado. O valor obtido evidencia que as receitas descapitalizadas seriam superiores aos custos descapitalizados mesmo se o mercado trabalhasse com taxas superiores a 6,0% ao ano, até o limite de 30,1% ao ano – taxa na qual as receitas se igualariam aos custos.

Uso	TIR (%)	VPL (R\$/ha)
Único	-36,0%	-6.503,72
Multiprodutos	30,1%	5.861,45

Tabela 8 - Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para um único uso e para multiprodutos, com base em taxas de desconto de 10% ao ano, em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

Estudos desenvolvidos por Soares *et al.* (2003), Castro *et al.* (2011), Lustosa Junior *et al.* (2017) e Viana *et al.* (2021) também comprovaram que florestas de eucalipto destinadas à produção de multiprodutos apresentam mais rentabilidade em comparação com aquelas destinadas a um único uso.

Soares *et al.* (2003), ao compararem a rentabilidade da exploração de um povoamento de eucalipto para a produção de um único produto com a produção florestal para multiprodutos, também verificaram a inviabilidade da TIR (-10,31%) na opção de uso único e a TIR (12,77%) acima da taxa de oportunidade.

Segundo Lustosa Junior *et al.* (2017), em argumento comprovado neste estudo, a diversificação de usos da produção da madeira gera maior retorno financeiro quando comparada a um uso só, oferecendo mais flexibilidade e menor risco na comercialização.

Os efeitos da taxa de desconto na viabilidade econômica são apresentados no Gráfico 2, no qual se observa que aumentos na taxa de desconto elevam o risco do empreendimento, diminuindo a rentabilidade. Verificou-se que, para todas as taxas de juros analisadas, a opção de uso único mostra-se economicamente menos viável, com variação de 0,11% ao reduzir a taxa de 12% para 10%. No caso do uso múltiplo, se a taxa cair de 12% para 6%, o lucro aumenta em 36,08%.

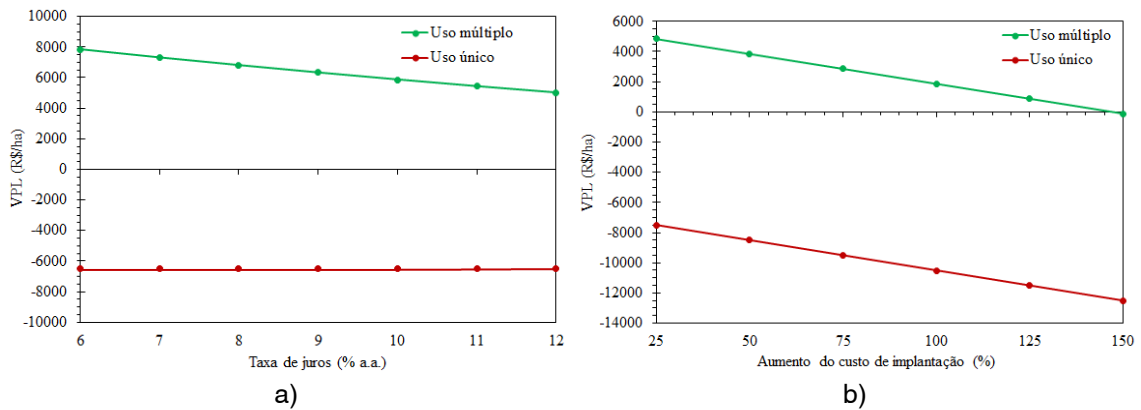


Gráfico 2- Valor Presente Líquido (VPL) para uso único e uso múltiplo para: (a) diversas taxas de juros anuais e (b) variações no aumento do custo de implantação de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando o retorno econômico de plantios de eucalipto de um povoamento desbastado e destinado a multiprodutos da madeira, Castro *et al.* (2011) corroboram com este estudo, verificando que o VPL decrescia com o aumento da taxa.

Quando é destinado a um único uso (lenha), o empreendimento é inviável, considerando os critérios econômicos. Esse resultado é semelhante ao de Santos (2010), no qual a produção para energia se mostrou inviável para todas as taxas de juros. Ressalta-se que a inviabilidade do uso único é uma especificidade do povoamento no qual ocorreu alta mortalidade e apresentou baixo incremento médio anual.

Em um estudo com o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, verificou-se que, para taxas variando de 8% a 12%, foi viável o projeto de multiprodutos, considerando madeiras para poste, mourões e energia (Menezes *et al.*, 2020).

Na análise de variação do custo de implantação, observou-se que o uso único continuou inviável economicamente, enquanto o uso múltiplo se mostrou viável até um aumento de 125% do custo de implantação (Gráfico 2). Embora tenha permanecido viável em um cenário com aumento de 125% nos custos de implantação, o lucro obtido foi 85,3% menor em comparação ao cenário sem aumento nos custos de implantação.

É importante relatar que ocorreu um acréscimo significativo dos custos de produção agrícola em razão dos preços dos insumos no ano de 2021. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (CNA [...], 2021), os preços dos insumos subiram mais de 100% em 2021. Entre os insumos que são utilizados na implantação de povoamentos florestais, citam-se os fertilizantes, cuja alta de preço ocorreu em razão da alta demanda, da escassez da oferta mundial, da elevação dos preços internacionais e dos problemas logísticos. Dentre os defensivos agrícolas, o glifosato foi o que sofreu a maior alta (126,8%), influenciada principalmente pela interrupção da operação de indústrias fabricantes do insumo na China e problemas com o fornecimento de matéria-prima.

Nesse mesmo período, o preço médio de venda da madeira também apresentou acréscimo médio de 26% (Castro, 2021). Ao se considerar o cenário de instabilidades econômicas, a análise de sensibilidade apresenta-se como uma ferramenta importante no planejamento e nas tomadas de decisão sobre a implantação de povoamentos florestais, sobretudo na região de Jataí, GO – município que apresenta vocação para a produção de grãos (milho e soja) que, juntamente com outras commodities agrícolas, apresentam um momento favorável perante as condições macroeconômicas.

Ressalta-se que o presente estudo constituiu um estudo de caso, podendo haver variações nos coeficientes de custos e de receitas e, conseqüentemente, alterações nos critérios de viabilidade econômica avaliados.

Virgens, Freitas e Leite (2106) ressaltam ser possível que tal aspecto aconteça por causa das diversidades climáticas e edáficas, do tipo do material genético empregado (plantio clonal ou seminal) e dos níveis tecnológicos utilizados no processo produtivo. Ainda segundo os mesmos autores, no contexto da sensibilidade, pode-se facilmente respaldar a importância da variação da taxa de juros, cenário perfeitamente possível de ocorrer em projetos de plantios florestais, sobretudo pela instabilidade econômica do país.

Considerações finais

Para a produção apenas de lenha, não houve viabilidade econômica. Em contrapartida, para a produção de multiprodutos (lenha, moirões e poste), houve viabilidade econômica. As variações na taxa de juros avaliadas demonstram viabilidade da opção de multiprodutos, com a lucratividade inversamente proporcional ao aumento da taxa. A simulação do aumento do custo de implantação apresentou-se viável com acréscimos de até 125%.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil, Gebrüder Borntraeger. *Meteorologische Zeitschrift*, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 89-107, 2002.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal - perguntas e respostas*. 5.ed. Viçosa: UFV, 2017.
- CASTRO, A. C. Aumento no preço do eucalipto e escassez de madeira impactam a indústria em Goiás. *Federação das Indústrias do Estado de Goiás*, Goiânia, 2021. Notícias. Disponível em: <https://bit.ly/3DzD4yl>. Acesso em: 8 dez. 2021.
- CASTRO, R. V. O.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; SOARES, C. P. B.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; CASTRO, A. F. N. M.; CRUZ, J. P.; SANTOS, F. L.; SOUZA, C. C. Avaliação econômica de um povoamento de eucalipto desbastado e destinado a multiprodutos da madeira. *Scientia Forestalis*, [s. l.], v. 39, n. 91, p. 351-357, 2011.



CNA diz que falta de insumos e dólar já estão aumentando custos de produção agrícola. *Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA*, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3GvcAQi>. Acesso em: 8 dez. 2021.

COTAÇÕES e boletins. *Banco Central do Brasil*, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3oLCQAg>. Acesso em: 21 set. 2021.

DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. *Forest Science*, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 241-245, 1972.

FOLMANN, W. T.; MIRANDA, G. M.; DIAS, A. N.; MORO, F. C.; FERNANDEZ, M. L. Q. Viabilidade de projetos florestais em três regimes de manejo na mesorregião centro-oriental do Paraná. *Revista Floresta*, Paraná, v. 44, n. 1, p. 153-160, 2014.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JUNIOR, J. A. *Forest mensuration*. 4. ed. New York: Wiley, 2002.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). *Relatório anual 2023*. São Paulo: IBÁ, 2023. Disponível em: <https://bitlybr.com/cDfo>. Acesso em: 18 jun. 2024.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. *Forest Chronicle*, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LEITE, H. G.; RIBEIRO, J. C. *DynaTree – software de otimização de multiprodutos da madeira*. 2002. (software)

LIMA, D. G.; LEITE, H. G.; PAULA JUNIOR, G. G.; SOUZA, A. L. Um modelo de suporte a decisão sobre multiprodutos de povoamentos de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 21, n. 1, p.35-48, 1997.

LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Cassilândia, Brasília, DF, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

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, v. 4, Suplemento 1, p. 59-65, 2017.

MELO, I. M. *Estudo de viabilidade para implantação de um sistema de geração fotovoltaica em uma fazenda no interior do Ceará*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MENEZES, L. S.; FIGUEREDO, J. B. L.; COSTA, L. S.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Taper modeling and economic evaluation of multiproducts obtained from wood of short-rotation *Eucalyptus* stands. *Revista Floresta*, Paraná, v. 50, n. 3, p. 1448-1448, 2020.

MÔRA, R. *Funções de afilamento de forma variável e modelagem de efeitos mistos em fustes de Pinus taeda e Eucalyptus saligna*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PEDROSO FILHO, J. I.; BIALI, L. J.; SCHNEIDER, P. R.; FARIAS, J. A.; Avaliação econômica de projetos de florestamento com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden implantado sob diferentes espaçamentos. *Revista Ciência Florestal*, Maria, v. 28, n. 1, p. 240-248, 2018.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica e social de projetos florestais*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

RIBASKI, S. A. G. *Sistemas silvipastoris como apoio ao desenvolvimento rural para a região Sudoeste do Rio Grande do Sul*. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SANTOS, F. R. *Caracterização dendrométrica e avaliação econômica de povoamentos de eucalipto para multiprodutos*. 2010. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) — Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

SEPULVEDA NETO, P. *Equações volumétricas e fatores de forma para clones de eucalipto em Jataí, GO*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

SOARES, T. S.; VALE, A. B.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 6, 811-820, 2003.

SOUZA, Á. N. *Crescimento, produção e análise econômica de povoamentos clonais de Eucalyptus sp. em sistemas agroflorestais*. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

VIANA, L. A.; CASTRO, R. V. O.; SOUZA, A. N.; SOARES, C. P. B.; COSTA, L. S. Optimization and economic analysis of multiproducts obtained from wood of eucalyptus stands under different productive capacity classes and rotation ages. *Revista Floresta*, Paraná, v. 51, n. 2, p. 293-302, 2021.

VIRGENS, A. P.; FREITAS, L. C.; LEITE, A. M. P. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no Sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.