

## Viabilidade econômica de florestas de *Eucalyptus* destinadas à produção de carvão vegetal: abordagem de Monte Carlo

Paloma Trevisan Pandolfo<sup>1</sup>; Valier Augusto Sasso Júnior<sup>2</sup>, Quinny Soares Rocha<sup>3</sup>; Gabriel Fratta Fritz<sup>4</sup>; Danilo Simões<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Florestal, Graduada, estudante na Universidade Estadual Paulista(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. E-mail: paloma.t.pandolfo@unesp.br

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Graduando, estudante na Universidade Estadual Paulista(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. E-mail: valier.sasso@unesp.br

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, Doutoranda, estudante na Universidade Estadual Paulista(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. E-mail: quinny.rocha@unesp.br

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Mestrando, estudante na Universidade Estadual Paulista(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. E-mail: gabriel.fratta@unesp.br

<sup>5</sup> Administrador de Empresas, Pós-doutor, Professor pesquisador na Universidade Estadual Paulista(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. E-mail: danilo.simoies@unesp.br

### Resumo

As florestas plantadas de *Eucalyptus* no Brasil fornecem matéria-prima para multiprodutos, como o carvão vegetal, utilizado em siderúrgicas. Nesse contexto, o objetivo foi analisar se as florestas plantadas de *Eucalyptus* destinadas à produção de carvão vegetal sob condições de incertezas são viáveis economicamente. Considerando os custos, impostos e receita bruta, elaborou-se o fluxo de caixa. Empregou-se o método de Monte Carlo na análise das incertezas atribuindo a distribuição de probabilidade triangular aos *inputs*, e foi considerado como *outputs* o valor presente líquido e a taxa interna de retorno modificada. O valor presente líquido médio foi de USD 306,30 e a taxa interna de retorno modificada média 15,6%. O projeto de investimento em florestas plantadas com *Eucalyptus*, para a produção de carvão vegetal, é economicamente viável sob condição de incerteza.

Palavras-chave: análise de risco, carvão vegetal, modelo probabilístico.

### Introdução

O gênero *Eucalyptus*, é predominante dentre as culturas florestais no Brasil, correspondendo a 80,2% de todas as florestas plantadas, em virtude de sua alta produtividade e curta rotação. Este gênero comumente fornece matéria-prima para multiprodutos. Dentre estes, o carvão vegetal é utilizado em siderúrgicas para a produção de ferro gusa e aço (MACHADO et al., 2019; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021).

Assim, identificar a viabilidade econômica de projetos florestais é imprescindível para o estabelecimento da atividade, uma vez que é fortemente afetada por incertezas, tendo como exemplo, os custos de produção, o preço da madeira e a taxa de desconto. É comumente adotado na análise da viabilidade econômica critérios que não consideram as incertezas presentes nos projetos de investimentos em florestas (NOGUEIRA FILHO et al., 2017; PADOVEZE, et al., 2020).

Dentre as alternativas para analisar as incertezas intrínsecas aos projetos de investimentos, destaca-se o método de Monte Carlo, o qual pode aumentar a confiabilidade da tomada de decisão de projetos de investimento sob condições de incertezas. De acordo com Porras (2018), este método caracteriza-se por construir um modelo matemático com base nas amostras de um problema, obtendo desta forma uma resposta probabilística. Considerando de forma simultânea, ameaças, oportunidades e a probabilidade de selecionar múltiplos critérios para análise (ATARI, et al., 2019; LYU, et al., 2019).

Tomando em conta a importância dos projetos de investimento em florestas plantadas e as incertezas à eles associados, o objetivo foi analisar se projetos de investimentos em florestas plantadas com *Eucalyptus*, para a produção de carvão vegetal, é economicamente viável sob condições de incertezas por meio do método de Monte Carlo.

### Material e Métodos

#### Caracterização da área estudada

O estudo foi desenvolvido em propriedades rurais de até 04 módulos fiscais com florestas plantadas de *Eucalyptus*, em espaçamento de 3 m x 3 m, localizada na região norte do estado de Minas Gerais. De acordo com Alvares et al. (2014), a região apresentou o clima tropical (Aw),

segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A estação de verão era chuvosa e seca no inverno, com temperatura média entre 22 °C e 24 °C, e precipitação pluviométrica média anual de 950 mm conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (2022). O solo predominante era do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

#### Análise econômica

A implantação da floresta contemplou os custos com análise do solo, subsolagem, corretivos de acidez do solo, adubação, defensivos, controle de pragas, marcação e abertura de covas, mudas clonais, transporte dos insumos, capina e manutenção de aceiros, custos com a mão de obra, encargos sociais e equipamentos de proteção individual.

Os custos com combate a formigas, transporte dos insumos e capina foram contabilizados no ano um e dois após a implantação da floresta. A partir do terceiro até o sétimo ano, foram considerados os custos da manutenção de aceiros e combate a formigas. No sétimo ano do horizonte de planejamento, considerou-se os custos com inventário florestal, colheita semimecanizada e carbonização da madeira, impostos e transporte do carvão até a siderúrgica. Foi considerada como receita bruta a venda do carvão vegetal, além disso, considerou-se os impostos conforme estabelecidos na legislação vigente no país.

Os valores monetários, foram expressos em dólar comercial americano (USD), de acordo com Simões et al. (2022), por ser a moeda internacional de referência. Destarte, utilizou-se como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira medido em unidades e frações da moeda nacional, correspondendo a BRL 4,6391 no dia 20 de abril de 2022, conforme dados disponibilizados pelo Banco Central do Brasil (2022).

O fluxo de caixa foi caracterizado como não convencional por apresentar várias saídas e apenas uma entrada (GITMAN; ZUTTER, 2018). O horizonte de planejamento foi de sete anos, quando ocorreu o corte raso da floresta de *Eucalyptus*.

A taxa de desconto do projeto de investimento ( $i$ ), foi estimada por meio do custo médio ponderado de capital (Equação 1) associado ao modelo de precificação de ativos (ZARONI et al., 2019).

$$i = Dk_d(1 - t_r) + E(R_f + \beta(R_m - R_f) + R_B) \quad (1)$$

em que:  $D$  é a porcentagem da dívida;  $k_d$  é o custo da dívida;  $t_r$  são os impostos;  $E$  é a porcentagem do patrimônio líquido;  $R_f$  é a taxa livre de risco;  $\beta$  é o beta que mede os riscos do projeto relacionados ao mercado;  $R_m$  é a taxa de retorno esperada pelo mercado;  $R_B$  é o risco país.

Os métodos tradicionais de viabilidade econômica foram aplicados como regras de decisão de investimento. Portanto, adotou-se o valor presente líquido resultando nos valores monetários referentes ao retorno esperado do projeto de investimento (Equação 2), em consonância a Souza et al. (2019).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

em que:  $VPL$  é a soma do benefício líquido avaliado a valor presente até o  $n$ -ésimo intervalo de tempo;  $R_t$  e  $C_t$  são receita e custo no  $t$ -ésimo ano, respectivamente;  $i$  é a taxa de desconto do projeto de investimento.

Bianchini e Simioni (2021) consideram a taxa interna de retorno modificada (Equação 3) mais realista e compatível com o mercado financeiro.

$$MIRR = \left[ \frac{VFFCP}{VPFCN} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (3)$$

em que:  $MIRR$  é a taxa interna de retorno modificada (%);  $VFFCP$  é o valor futuro dos fluxos de caixa positivos descontados à taxa de reinvestimento;  $VPFCN$  é o valor presente dos fluxos de caixa negativos descontados pela taxa do financiamento de reinvestimento.

#### Incorporação da análise de risco

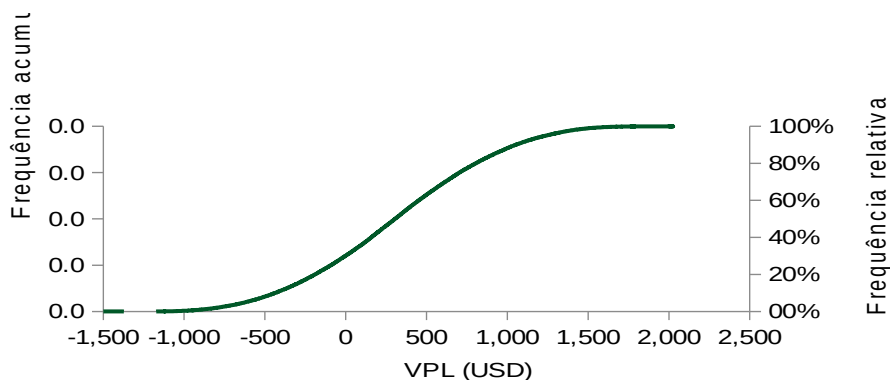
Os *inputs* do modelo matemático foram constituídos dos custos e da receita bruta. Foi atribuída a distribuição de probabilidade triangular, delimitando uma variação de 20,0% (URBANUCCI; TESTI, 2018). Como *outputs*, foram adotados o valor presente líquido e a taxa interna de retorno modificada. A incorporação do risco ocorreu por meio do método de Monte Carlo, com a simulação de 100.000 números pseudoaleatórios realizada com o software @Risk© 2022 (PARALIZADE CORPORATION, 2022).

## Resultados e Discussão

Dentre os custos do projeto de investimento em florestas plantadas de *Eucalyptus*, destacou-se o custo de transporte do carvão até a siderúrgica, apresentando 32,35% do custo total. Os custos de carbonização e colheita da madeira representaram 11,65% e 8,43%, respectivamente, do custo total do projeto de investimento. As etapas de colheita da madeira e transporte da produção representam importante parcela dos custos totais das florestas plantadas. O custo com transporte rodoviário da produção no Brasil tem sido uns dos principais fatores que inviabilizam economicamente os projetos florestais, em razão da maior parte das áreas plantadas com florestas estarem distantes dos centros consumidores (LACHINI et al., 2018).

O valor presente líquido médio foi de USD 306,30 (Figura 1), ademais, a probabilidade de ser maior que zero correspondeu a 60,29%. Projetos de investimento que apresentam o valor presente líquido maior que zero são considerados viáveis economicamente (KRUGER et al., 2017). Ainda que existam riscos associados ao projeto, o investimento em florestas plantadas de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal é economicamente viável.

Figura 1: Distribuição de probabilidade e frequência do valor presente líquido da floresta plantada de *Eucalyptus*.



O valor médio da taxa interna de retorno modificada foi 15,60% e desvio padrão de 6,50%. O valor mínimo foi 6,63% e o máximo 22,62%, portanto, superior à taxa de desconto do projeto de investimento, que foi 7,23%, corroborando a viabilidade econômica. O projeto de investimento em florestas plantadas de *Eucalyptus* para a produção de carvão apresentou fluxos de caixa negativos, o que demandou a captação de recursos financeiros com a taxa de reinvestimento, resultando em uma taxa mais realista.

## Conclusões

Os custos com transporte são os mais significativos dentre os demais custos da produção de carvão vegetal de florestas plantadas de *Eucalyptus*, seguidos pelos custos de carbonização e colheita da madeira.

Projetos de investimentos em florestas plantadas de *Eucalypto* para a produção de carvão vegetal sob condições de incertezas são economicamente viáveis.

O valor presente líquido do projeto de investimento apresenta probabilidade de 39,71% de ser menor que zero. O valor médio da taxa interna de retorno modificada é superior à taxa de desconto do projeto de investimento, corroborando a sua viabilidade econômica.

## Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

## Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711- 728, 2014.

ATARI, S.; BAKKAR, Y.; OLANIYI, E. O.; PRAUSE, G. Real options analysis of abatement investments for sulphur emission control areas compliance. **Entrep Sustain Cent.**, Johannesburg. v. 6, n. 3, p. 1062–1086, 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Conversor de moedas. 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/conversao>. Acesso em: 20 abril. 2022.

BIANCHINI, D. C.; SIMIONI, F.J. Economic and risk assessment of industrial wood chip drying. **Elsevier**, Amsterdam. v. 44, n. 2, p. 2-10, 2021.

BINKLEY, D.; CAMPO, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, I.; STAPE, J. L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 405, p. 271-283, 2017.

GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. **Principles of managerial finance**, London: Pearson. 15ª ed. 976 p. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Production of Plant Extraction and Forestry**. Rio de Janeiro. v. 34, p. 1–8, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tempo**. Brasília, DF: INMET. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 05 maio 2022.

KRUGER, S. D.; CECCATTO, L.; MAZZIONI, S.; DI DOMENICO, D.; PETRI, S. M. Análise comparativa da viabilidade econômica e financeira das atividades avícola e leiteira. **Revista ambiente contábil**, Natal. v. 9, n. 1, p. 37-55, 2017.

LACHINI, E.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. F.; VIEIRA, G. C.; SOUZA, L. A. CARMO, F. C. Pesquisa operacional na minimização de custos de transporte florestal. **Brazilian Journal of Biometrics**, Pune. v.36, n. 2, p. 473–488, 2018.

LYU, H. M.; SHEN, S. L.; ZHOU, A. YANG, J. Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. **Tunn Undergr Sp Technol**, Boraas. p. 84:31–44, 2019.

MACHADO, F. C.; EUFRADE-JUNIOR, H. J.; SPADA, G.; OGURI, G.; GARCIA, É. A.; GUERRA, S. P. S. Produção de biomassa de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em diferentes arranjos de espaçamentos de plantio simples e duplos. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 29, n. 4, p. 1568-1578, 2019.

MALIK, K.; PULIKKOTIL, J.; SHARMA, A. Comparison of Pseudorandom Number Generators and Their Application for Uncertainty Estimation Using Monte Carlo Simulation. **Journal of Metrology Society of India**, New Delhi. v. 36, p. 481-496, 2021.

NOGUEIRA FILHO, F. P.; BAJAY, M. M.; SOUSA, J. A.; ARAÚJO, J. D. M.; CORREIA, D. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no polo moveleiro de Marco – Ceará. **Revista iPecege**, Piracicaba v. 3, n. 4, p. 22-34, 2017.

PADOVEZE, C. L.; BERTASSI, A. L.; PRADO, E. V.; NAZARETH, L. G. C.; FRANCISCHETTI, C. E.; BENEDICTO, G. C. Incompatibilidade dos critérios de análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos (VPL, TIR) com a análise contábil do retorno do investimento (ROI). **Universitas**, Legon v. 26, p. 12-13. 2020.

PORRAS, A. F. Cálculo de la actividad de una muestra de uranio irradiada por neutrones térmicos para el análisis inicial en protección radiológica usando simulación Monte Carlo. **Momento**, Bogotá. n. 56, p. 76-86, 2018.

SIMÕES, D.; AVELINO, L. T.; MUNIS, R. A.; BATISTELA, G. C.; MIYAJIMA, R. H. Grapple saw's operating conditions influence on the productivity and cost of processing felled trees. **Floresta**, Curitiba, v. 52, n. 1, p. 064-073, 2022.

URBANUCCI, L.; TESTI, D. Optimal integrated sizing and operation of a CHP system with Monte Carlo risk analysis for long-term uncertainty in energy demands. **Elsevier**, London. v. 157, n. 3, p. 307-316, 2018.

ZARONI, H.; MACIEL, L. B.; CARVALHO, D.B.; PAMPLONA, E. D. Monte Carlo Simulation approach for economic risk analysis of an emergency energy generation system. **Elsevier**, London. v. 172, n. 7, p. 498-508, 2019.