

Viabilidade econômica do modal de sistema de produção de eucalipto para energia, na região médio-norte de Mato Grosso



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 364

**Viabilidade econômica do modal de
sistema de produção de eucalipto para energia,
na região médio-norte de Mato Grosso**

José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira
Marina Moura Morales
Miqueias Michetti
Claudio César de Almeida Buschinelli

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annette Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsos
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco Verde
Marilice Cordeiro Garrastazu
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Fotos capa
H. D. Silva (esquerda); *Katia Regina Pichelli* (direita)

1ª edição
Versão digital (2021)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Viabilidade econômica do modal de sistema de produção de eucalipto para energia, na
região médio-norte de Mato Grosso. [recurso eletrônico] / José Mauro Magalhães Ávila
Paz Moreira ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2021.

25 p. (PDF) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 364)

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. *Eucalyptus*. 2. Produtividade florestal. 3. Floresta plantada. 4. Estudo de viabilidade.
5. Madeira. 6. Cavaco. 7. Mato Grosso – Brasil. I. Morreira, José Mauro Magalhães Ávila
Paz. II. Morales, Marina Moura. III. Michetti, Miqueias. IV. Buschinelli, Claudio César de
Almeida. V. Série.

CDD (21. ed.) 634.973766

Autores

José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

Engenheiro Florestal, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marina Moura Morales

Química, doutora em agronomia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Miqueias Michetti

Zootecnista, mestre em Ciência Animal, analista do Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária, Sinop, MT

Claudio César de Almeida Buschinelli

Bacharel em Ecologia, doutor em Cartografía Sig y Teledet, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Apresentação

O estado de Mato Grosso vem mantendo o seu destaque na produção do agronegócio nacional e, adicionalmente, tem sido o palco de uma mudança marcante na produção de biocombustíveis no Brasil. Ao produzir etanol de milho e não de cana-de-açúcar, o estado aproveita o potencial local da safra de inverno (safrinha) de milho, produzindo etanol e grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), um concentrado proteico utilizado na pecuária nacional para a alimentação de bovinos, caprinos, equinos, ovinos e frangos. Diferente da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, que utiliza o bagaço como fonte renovável de combustível, as usinas de etanol de milho devem buscar outra fonte de biomassa para geração de energia, onde a madeira de florestas plantadas se apresenta como uma solução de alta produtividade e boa relação benefício – custo para este fim. Entretanto, o estado vem encontrando dificuldades para balancear a expansão de uma base florestal com que possa atender a expansão da demanda por madeira. O presente trabalho busca contribuir com informações e conhecimentos sobre a viabilidade econômica de florestas plantadas e, também, sobre algumas das variáveis que devem ser observadas no planejamento do negócio florestal, especialmente para os produtores rurais localizados nas novas fronteiras florestais. Espera-se que tais conhecimentos possam orientar produtores florestais, agentes financeiros, profissionais de assistência técnica e extensão rural, bem como formuladores de políticas públicas.

Marcílio José Thomazini

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Florestas

Sumário

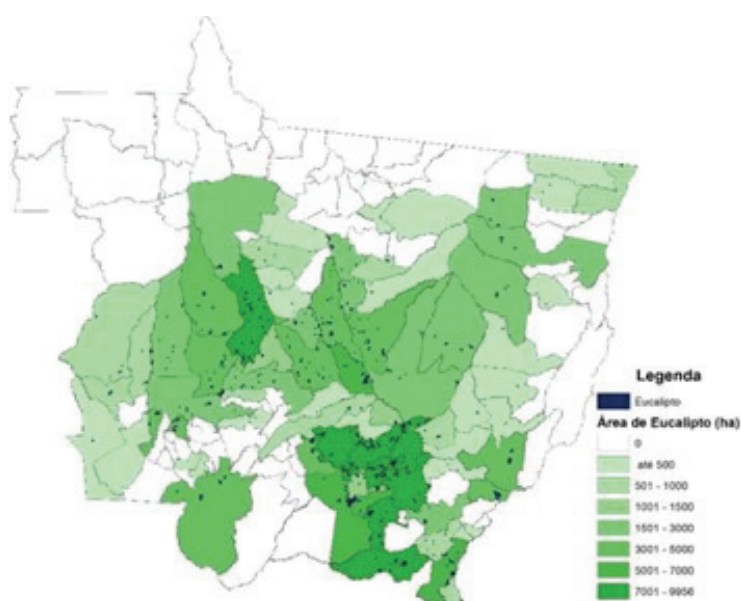
Introdução.....	9
Material e métodos	11
Região de estudo	11
Análise de cenários	12
Indicadores de viabilidade econômica	12
Resultados.....	13
Descrição do sistema modal de produção.....	13
Custos de produção.....	15
Fluxo de caixa.....	15
Viabilidade econômica	16
Impacto do preço e custo de transporte na viabilidade econômica do sistema de produção	19
Impacto da alteração da idade de corte na viabilidade econômica do sistema de produção.....	21
Aumento dos custos de arrendamento devido à elevação dos preços das commodities.....	22
Conclusões.....	24
Agradecimentos.....	24
Referências	25

Introdução

A madeira é a principal fonte de energia renovável para secagem de grãos, no processamento de alimentos e na produção de etanol de milho, no Mato Grosso. Embora seja observado um aumento da demanda, pela entrada de novos agentes consumidores de madeira para energia, a área plantada no estado vem se mantendo praticamente estável nos últimos anos (IBÁ, 2020; IBGE, 2019). *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no estado, apontando crescimento ao longo dos anos. Em 2006 o estado contava com 37.392 ha (Shimizu et al., 2007), sendo registrados em 2019 188.605 ha (IBÁ, 2020), localizados principalmente na região sul do estado (Figura 1). A área plantada com eucalipto no estado cresceu a uma taxa geométrica média de 8,4% entre 2006 e 2012, estabilizando desde então com uma TGM de 0,3% ao ano entre 2012 e 2019.

Figura 1. Localização dos cultivos de eucalipto no estado de MT em 2015.

Fonte: IMEA (2015).



Em 2015, a demanda por biomassa de eucalipto já era maior que a produção em algumas regiões do estado, conforme pode ser observado na Tabela 1 (IMEA, 2015). Vale ressaltar que, em 2015, as quatro usinas de etanol de milho, FS Bioenergia em Lucas do Rio Verde e Sorriso e Inpasa em Nova Mutum e Sinop, ainda não tinham entrado em operação e que ainda haviam mais quatro usinas previstas para entrarem em funcionamento, ainda em 2021 (FS em Nova Mutum, ALD Bio Deciolândia em Nova Marilândia e Etamil em Campo Novo do Parecis).

Tabela 1. Balanço entre a oferta e a demanda de eucalipto em Mato Grosso.

Regiões	Área de plantio (ha)	Demanda estimada (ha)	Balanço (ha)
Centro-sul	28.227	12.055	16.172
Médio-norte	35.383	53.330	-17.947
Nordeste	9.410	12.496	-3.086
Noroeste	6.401	5.651	750
Norte	203	3.674	-3.471
Oeste	16.608	11.169	5.439
Sudeste	79.947	56.681	23.266
MT	176.178	155.055	21.123

Fonte: IMEA (2015).

Ressalta-se, ainda, que a indústria de etanol de milho, a maior demandante de biomassa na região, segue com crescimento pujante, não tendo sido afetada pelas adversidades trazidas pela pandemia do COVID-19. Apresentou crescimento de 96,4% de janeiro a outubro de 2020 em relação ao mesmo período em 2019, produzindo em torno de 2,1 bilhões de litros de etanol (UNEM, 2020). A produtividade média de florestas de eucalipto no estado é estimada em 450 st ha⁻¹ (FS BIOENERGIA, 202?). Considerando que, para processar uma tonelada de milho, são necessários 464 kg de cavaco, seria necessária uma base florestal plantada de cerca de 109 mil ha de eucalipto, colhendo e replantando 15,6 mil ha ano⁻¹, em ciclo de sete anos, apenas para suprir a demanda pelo setor de etanol de milho. Caso a projeção de produção de 8 bilhões de litros de etanol de milho para os próximos sete anos (Henrique; Cherubin, 2020) se confirme, sendo que 78% dela será para Mato Grosso, a área necessária seria de 323,9 mil ha, destacando a necessidade de expansão dos plantios em 30,7 mil ha anuais (no prelo)¹.

Neste cenário, o plantio de floresta de eucalipto no estado é próspero e realizado, em praticamente todos os municípios do estado, por produtores de pequena, média e grande escala. Entretanto, a segurança nesta atividade sofre forte influência, principalmente, do preço de mercado praticado e pelo custo de transporte, que afeta consideravelmente o preço final recebido pelo produtor florestal.

Para o produtor, é imprescindível saber se a logística da sua floresta é economicamente viável até o centro consumidor. Uma alternativa para estabelecer essa condição de segurança é a iniciativa das indústrias em garantir a compra da produção em sua região. Por exemplo, uma das indústrias na região médio-norte do estado indicou interesse em fomentar plantios florestais num raio aproximado de 150 km, com produtividade mínima de 300 st ha⁻¹ de plantios florestais com seis anos de idade, para comercialização da madeira em pé (FS BIOENERGIA, 202?). Nessa modalidade são previstos contratos de compra do material e, ainda, financiamento de parte do custeio do plantio.

Portanto, é estratégico para o produtor conhecer, além dos centros consumidores próximos à sua área de produção, o preço praticado no mercado e os custos mais comuns da cultura florestal, dados pelo sistema de produção modal em sua região. O sistema de produção modal de plantio de eucalipto para energia levou em consideração o custo de oportunidade da terra e do capital próprio (juros), impostos, créditos de reposição florestal, idade de corte, preço do produto, custos com tratamentos silviculturais, colheita e transporte mais comumente encontrados na região de estudo; alguns destes pontos nem sempre são levados em conta pelo produtor na tomada de decisão, no momento do planejamento da produção e, ou da comercialização, podendo acarretar em prejuízos e frustrações com o resultado final da atividade. O modal ainda permite a prospecção de cenários, ponderando as variáveis de interesse do produtor, tais como o preço do produto e o custo de transporte da madeira para subsidiar decisões mais assertivas, acarretando maior lucro e, como já dito, evitando prejuízos e frustrações.

¹ MORALES, M. M.; TARDIN, F. D.; BEHLING, M.; ABREU, D. C.; MARTINS, A. R. R.; ANDRÉ, V. L. S.; PORTO, F. L. Eucalipto e sorgo biomassa para geração de energia no Mato Grosso. In: ABREU, D. C.; DIAS, M. P. L.; BOSCOLI, D. Z.; SILVA, W. M.; SANTOS, D. M. S.; PAULA, F. A.; MARTINS, A. R. R.; PINHEIRO, D. T.; SOMAVILLA, A. 3º Vitrine Tecnológica Agrícola: atualidades na cultura do milho em sistema soja e milho safrinha. 2021. No prelo.

Material e métodos

Tendo em vista a localização estratégica dos novos empreendimentos demandantes de biomassa para energia, em Mato Grosso, além da presença consolidada de outras agroindústrias consumidoras de energia de biomassa, o levantamento do custo de produção de um talhão modal de eucalipto na região médio-norte, teve como ponto focal o município de Lucas do Rio Verde.

Região de estudo

O município de Lucas do Rio Verde se localiza na Região Geográfica Intermediária de Sinop e na Mesorregião Geográfica Norte Mato-Grossense, Figura 2 (IBGE, 2021). Encontra-se a 398 m acima do nível do mar e apresenta clima tropical Aw na classificação de Köppen, com temperatura média anual de 25,4 °C, pluviosidade média anual de 1.451 mm, e maior concentração de chuvas no verão (Climate-Date, 2021). A população estimada em 2020 foi de 67.620 pessoas, com PIB per capita de R\$ 72.058,74/hab em 2018, sendo o 14º maior do estado, estando entre os dez municípios de maior PIB em Mato Grosso. O município está na 32ª colocação em contribuição do valor adicionado da agropecuária ao PIB, considerando os 5.568 municípios nacionais.

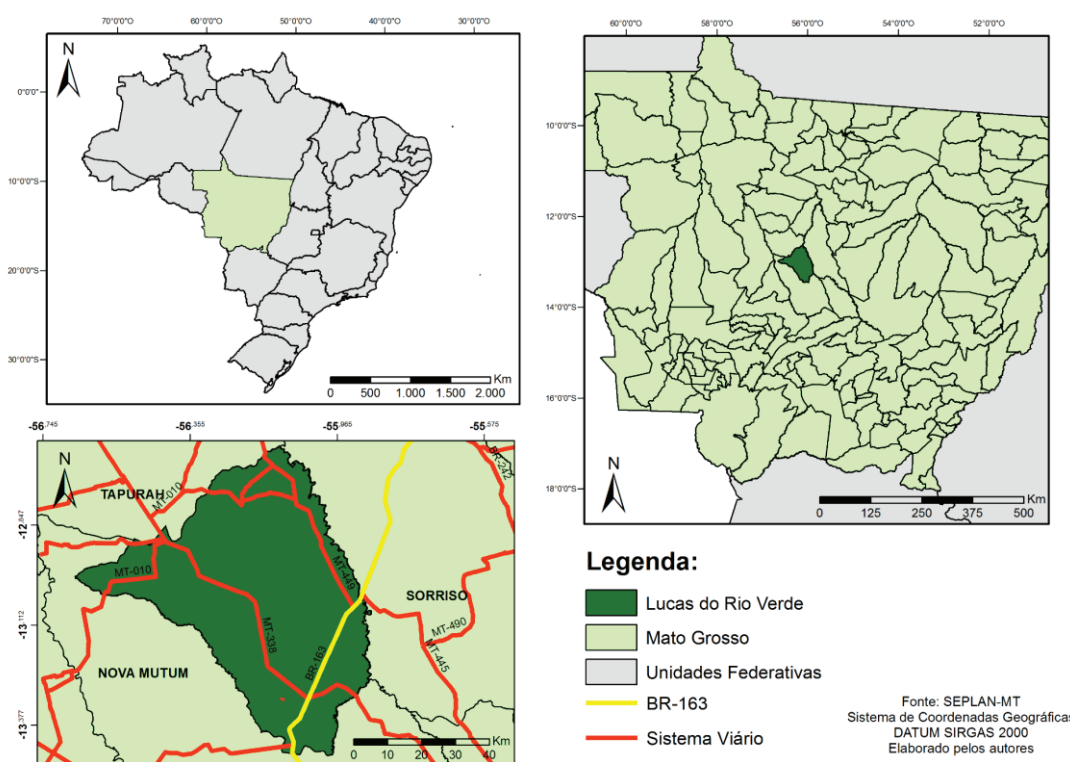


Figura 2. Localização geográfica de Lucas do Rio Verde, MT.

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de um painel de especialistas (De Zen; Peres, 2002), realizado com produtores e consultores florestais da região, na sede do sindicato rural de Lucas do Rio Verde, no dia 10 de outubro de 2019. Foi levantado o principal sistema de produção de eucalipto

para energia utilizado na região, bem como preços, condições de negócio e distância mais comuns de comercialização relatados pelos participantes.

Análise de cenários

Visando obter mais conhecimento sobre o efeito do planejamento florestal e de oportunidades de negócio no resultado final do plantio florestal, foram construídos cenários com e sem a venda de créditos de reposição florestal, considerando a variação de preço e o valor do transporte no cenário modal, acima e abaixo do modal. A sensibilidade da rentabilidade em relação à idade de corte foi analisada, considerando a curva de prognose de produção ajustada no SisEucalipto (Oliveira, 2011). O procedimento realizado foi a inserção da densidade de plantio acordada no painel, ajustando o índice de sítio até que o volume obtido na idade de corte (seis anos) fosse igual ao acordado no painel de especialistas, sendo considerada verdadeira a prognose de produção dada pelo simulador para as idades de corte de cinco a oito anos. O uso de funções de crescimento ajustadas regionalmente no simulador é fortemente recomendado para a obtenção de prognoses com melhores estimativas, sendo sugerido tal ação para os produtores que desejem utilizar esta importante ferramenta e estratégia para o planejamento da sua produção.

Indicadores de viabilidade econômica

Para a análise de viabilidade econômica foram utilizados os indicadores valor presente líquido (VPL), valor presente líquido anualizado (VPLA), considerando e desconsiderando o arrendamento (custo de oportunidade) da terra, taxa interna de retorno (TIR), valor esperado da terra (VET) e custo médio de produção (CMP) (Rezende; Oliveira, 2013), para os cenários com e sem a comercialização dos créditos de reposição florestal (CRFs). O resultado dos cenários, com diferentes idades de corte, foi analisado utilizando o VPLA, por ser um indicador que permite a comparação de projetos com horizonte de tempo diferentes (Rezende; Oliveira, 2013).

A decomposição das receitas nos grupos de custo foi realizada utilizando o mesmo método descrito por Moreira et al. (2019). O fluxo de caixa e as simulações de cenários foram elaborados no Microsoft Excel® e o tratamento dos dados e elaboração dos gráficos no R, com os pacotes do *tidyverse* (Wickham, 2019).

Resultados

Descrição do sistema modal de produção

O sistema de produção modal acordado entre os participantes do painel, como o que poderia melhor representar a realidade dos produtores florestais na região, é composto de apenas uma rotação florestal, com corte raso aos seis anos de idade. Normalmente, são utilizados os clones H13 ou VM01 como material genético selecionado, com densidade de plantio de 1.143 plantas ha⁻¹ (espaçamento de 3,5 m entre linhas e de 2,5 m entre plantas). O tamanho modal do talhão para o apontamento dos custos foi 200 ha, sendo estabelecido em área mecanizável, com solos arenosos (teor de argila inferior a 12%), bem drenados e com baixa produtividade agrícola (areia quartzosa).

A produtividade do sistema de produção modal delineado foi acordada em 240,3 m³ ha⁻¹ aos seis anos de idade (IMA 40,05 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Ao inserir os parâmetros no SisEucalipto (Oliveira, 2011), e ajustar o índice de sítio para a produtividade modal nesta idade, estimou-se produtividade de 290,7 m³ ha⁻¹ (IMA 41,53 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e 336,4 m³ ha⁻¹ (IMA 42,05 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aos sete e oito anos, respectivamente. O fator de conversão de m³ de madeira para m³ de cavaco (mcav) considerado foi 2,25 mcav m⁻³.

Antes do preparo do solo, foram realizadas a análise de solo e o combate à formiga (pré-plantio). A adubação foi definida com base no resultado da análise de solo. Vale salientar que cada solo é único. Por esse motivo, recomenda-se fortemente ao produtor que defina sua adubação de acordo com o resultado da análise de solo da sua área e a demanda nutricional da sua cultura. **Os valores aqui descritos representam o resultado conciliado pelos especialistas e produtores do painel de custos e serviu como referência para definição do sistema de produção modal, mas não deve ser encarado como prescrição de adubação para a cultura.**

O preparo do solo envolveu aplicação de calcário (2,5 t ha⁻¹), com incorporação por meio de gradagem intermediária, realização de subsolagem com adubação de base (200 kg ha⁻¹ de NPK 06-30-06 +1% de micronutrientes) e dessecação química em área total. Em seguida, foi realizado plantio semimecanizado, combate à formiga pós-plantio e replantio 15 dias após o plantio. A adubação de arranque foi realizada em seguida, com adição de, aproximadamente, 100 kg ha⁻¹ de NPK 06-30-06 +1% micronutrientes, sendo também feito o controle de matocompetição pré-emergente. Aos 90 e 160 dias após o plantio, foram realizadas duas adubações de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de NPK 02-00-20 + 1% de micronutrientes em cada uma e três combates à formiga até o final do primeiro ano, sendo os dois primeiros com aplicação de 250 g ha⁻¹ cada, e o terceiro com 1 kg ha⁻¹. As entradas e saídas deste período foram inseridas no Ano 0 do fluxo de caixa.

Entre o ano 1 e o ano 2 (entradas e saídas alocadas no ano 1 do fluxo de caixa), são realizadas as operações: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de NPK 20-00-20 +1% de micronutrientes como adubação de cobertura 400 dias após o plantio; controle de matocompetição pós-emergente; outra adubação de cobertura aos 500 dias após o plantio, com aplicação de 100 kg ha⁻¹ de NPK 20-00-20 + 1% de micronutrientes; combate à formiga, com aplicação de 2 kg ha⁻¹ de iscas formicidas.

Nos anos 2 e 3 do fluxo de caixa, foram realizadas uma adubação aérea com boro e micronutrientes, para prevenir a seca de ponteiros, e um combate de manutenção à formiga, com aplicação de 2 kg ha⁻¹ de iscas formicidas, além da execução do primeiro inventário florestal. O combate de manutenção à formiga é repetido dos anos 4 a 6 do fluxo de caixa, e um novo inventário florestal é

realizado no ano 5, onde é confirmado o volume de madeira para apresentação dos CRFs, sendo o valor restante recebido pelo produtor. Todos estes custos estão detalhadamente apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos silviculturais do sistema modal de produção de madeira para energia, em Lucas do Rio Verde, MT.

Operação	Idade	Valor total (R\$/ha)
Abertura de aceiros	0	5,04
Análise do solo	0	2,60
Combate à formiga (pré-plantio)	0	18,00
Aplicação de calcário	0	367,38
Gradagem intermediária	0	105,00
Subsolagem com adubação de base	0	750,00
Aplicação de herbicida (dessecação)	0	182,30
Plantio	0	1.014,19
Combate à formiga localizado (pós-plantio)	0	2,25
Replantio (15 dias após plantio)	0	210,58
Adubação de arranque	0	200,00
Controle de matocompetição pré-emergente	0	206,55
Adubação de cobertura (90 dias pós-plantio)	0	271,50
Adubação de cobertura (160 dias pós-plantio)	0	271,50
Combate à formiga (manutenção)	0	2,25
Combate à formiga (manutenção)	0	2,25
Adubação de cobertura (400 dias pós-plantio)	1	271,50
Controle de matocompetição pós-emergente	1	83,61
Adubação de cobertura (500 dias pós-plantio)	1	271,50
Combate à formiga (manutenção)	1	18,00
Manutenção de aceiros	1	2,02
Combate à formiga (manutenção)	2	18,00
Manutenção de aceiros	2	2,02
Inventário florestal	2	50,00
Adubação com boro	2	85,00
Combate à formiga (manutenção)	3	18,00
Manutenção de aceiros	3	2,02
Adubação com boro	3	85,00
Combate à formiga (manutenção)	4	18,00
Manutenção de aceiros	4	2,02
Combate à formiga (manutenção)	5	18,00
Manutenção de aceiros	5	2,02
Inventário florestal	5	50,00
Combate à formiga (manutenção)	6	18,00
Manutenção de aceiros	6	2,02
Combate à formiga (manutenção)	7	18,00
Manutenção de aceiros	7	2,02
Combate à formiga (manutenção)	8	18,00
Manutenção de aceiros	8	2,02

Vale lembrar que os aceiros de proteção dos talhões são abertos no ano 0 do fluxo de caixa (antes da implantação florestal), em que é dada manutenção anualmente.

Custos de produção

O custo anual de arrendamento da terra, inserido como custo de oportunidade, considerando que a terra pertence ao investidor, foi equivalente a oito sacas de soja (preço unitário de R\$ 62,50, na época da realização do painel), ou 500,00 R\$ ha⁻¹, pagos ao final de cada ano. A taxa mínima de atratividade (TMA) real (acima da inflação) utilizada para o investimento foi 4,0% ao ano.

A propriedade conta com o serviço de dois trabalhadores permanentes que dedicam 100% do seu tempo à cultura do eucalipto, com custo unitário de R\$ 36.000,00 por ano, com encargos inclusos; conta também com maquinário próprio para a execução das operações de silvicultura (preparo do solo, plantio, roçadas e manutenção de aceiros), mas cujo custo foi considerado como hora máquina trabalhada, não sendo computados os custos de depreciação e o investimento no fluxo de caixa (uma vez que estes já foram incluídos no valor da hora trabalhada da máquina).

O custo de colheita da madeira (já incluso a picagem) e de transporte a 150 km foram 21,00 mcav⁻¹ e 16,00 R\$ mcav⁻¹, respectivamente. O preço pago pelo cavaco entregue ao cliente foi 60,00 R\$ mcav⁻¹. Os inventários florestais foram orçados em R\$ 10.000,00 (cada), resultando no custo de 50,00 R\$ ha⁻¹ no ano de realização. O custo de elaboração do projeto para obtenção dos créditos de reposição florestal (CRF) foi 15% do valor a ser obtido pelos créditos. Os créditos foram gerados com base no último inventário florestal, sendo que o produtor recebe o equivalente a 150 m³ no ano 2 como adiantamento, e o restante (35,5 m³) no ano 5, com valor de 10,00 R\$ m⁻³ de CRF. Dessa forma, o custo do projeto foi pago no ano 0 pelo valor de R\$ 55.650,00 (278,25 R\$ ha⁻¹ ou 1,50 R\$ m⁻³).

Vale lembrar que, retirando a operação de plantio, em que foi contratada mão de obra excedente, todas as operações foram realizadas levando em consideração dois trabalhadores permanentes.

Fluxo de caixa

O fluxo de caixa do sistema de produção modal, com idade de corte aos seis anos, e comercialização dos créditos de reposição florestal (CRF) para os 200 ha do talhão considerado, está apresentado na Tabela 3.

O fluxo de caixa foi elaborado a preços constantes¹, sendo compatível com a taxa mínima de atratividade (TMA) real, que será utilizada para os cálculos dos indicadores financeiros do projeto.

¹ O fluxo de caixa a preços constantes adota o pressuposto que, caso haja a incidência de inflação ao longo do tempo, ela será a mesma para todas as receitas e despesas do projeto, mantendo a relação de poder de compra entre os vários insumos, serviços e produtos utilizados no projeto (Kassai et al., 2012).

Tabela 3. Fluxo de caixa do sistema modal de produção com créditos de reposição florestal, em Lucas do Rio Verde, MT.

Idade do plantio	0	1	2	3	4	5	6
Receita com cavaco							6.488.100,00
Produção de cavaco							108.135,00
Receita dos créditos de reposição florestal			300.000,00			71.000,00	
Custos fixos							
Mão de obra	36.000,00	72.000,00	72.000,00	72.000,00	72.000,00	72.000,00	36.000,00
Projeto reposição florestal	55.650,00						
Custos variáveis							
Custos silviculturais	722.277,74	129.326,06	31.003,20	21.003,20	4.003,20	14.003,20	4.003,20
Custos gerais							
Arrendamento terra		100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00
Custo colheita							2.270.835,00
Custo transporte							1.730.160,00
Custo impostos s/ produção							97.321,50
Imposto IRPF							346.413,18
Custo total – sem terra	813.927,74	201.326,06	103.003,20	93.003,20	76.003,20	86.003,20	4.484.732,88
Custo total – com terra	813.927,74	301.326,06	203.003,20	193.003,20	176.003,20	186.003,20	4.584.732,88
Saldo – com terra	(813.927,74)	(301.326,06)	96.996,80	(193.003,20)	(176.003,20)	(115.003,20)	1.903.367,12

Viabilidade econômica

Os indicadores de viabilidade econômica do sistema de produção modal, com e sem a comercialização dos créditos de reposição florestal, podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores financeiros do sistema modal de produção de madeira para energia, em Lucas do Rio Verde, MT.

CRF	Indicadores Financeiros	Com remuneração da terra		Sem remuneração da terra	
		Talhão	Hectare	Talhão	Hectare
Sem comercialização de CRF	Valor Presente Líquido - VPL (R\$)	-148.658,66	-743,29	375.555,02	1.877,78
	Valor Anual Equivalente - VAE (R\$ ano ⁻¹)	-28.358,41	-141,79	71.641,59	358,21
	Taxa Interna de Retorno - TIR (% a.a.)	1,91			
	Relação Benefício Custo - B/C	0,9718			
	VPL Infinito (R\$)	-708.960,24	-3.544,80		
	Valor Esperado da Terra - VET (R\$)			1.791.039,76	8.955,20
	Custo Médio de Produção (R\$ mcav ⁻¹)	62,44			
Com comercialização de CRF	Valor Presente Líquido - VPL (R\$)	73.721,69	368,61	597.935,37	2.989,68
	Valor Anual Equivalente - VAE (R\$ ano ⁻¹)	14.063,29	70,32	114.063,29	570,32
	Taxa Interna de Retorno - TIR (% a.a.)	5,09			
	Relação Benefício Custo - B/C	1,0137			
	VPL Infinito (R\$)	351.582,22	1.757,91		
	Valor Esperado da Terra - VET (R\$)			2.851.582,22	14.257,91
	Custo Médio de Produção (R\$ mcav ⁻¹)	58,97			

CRF = créditos de reposição florestal.

O sistema de produção modal sem a comercialização dos créditos de recomposição florestal (CRFs) não foi economicamente viável no cenário analisado. Ou seja, o sistema de produção não conseguiu receita suficiente, ao preço de 60,00 R\$ mcav⁻¹, para pagar todos os custos de silvicultura, colheita e transporte do cavaco a 150 km do consumidor, impostos sobre a produção e de renda, e ainda remunerar os custos de oportunidade da terra (arrendamento) e o capital próprio do produtor.

O projeto seria viável neste cenário caso o custo de oportunidade da terra fosse, no máximo, 358,21 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (VAE sem terra), ou o custo de oportunidade do capital próprio fosse no máximo de 1,91% ano⁻¹, acima da inflação (TIR), ou, ainda, se o preço pago pelo produto entregue ao cliente fosse 62,44 R\$ mcav⁻¹ (CMP). Este valor mostra quão sensível ao preço é o sistema de produção, ou com custos que incidam diretamente sobre a unidade de produto, como a colheita e o transporte.

A comercialização dos créditos de recomposição florestal se insere como importante estratégia de remuneração adicional ao produtor florestal, inclusive com receita antecipada, auxiliando o pagamento das despesas no segundo ano do projeto, tornando-o economicamente viável no cenário analisado.

Ao comercializar os CRFs, o produtor remunera todos os fatores de produção utilizados no projeto (inclusive sua própria terra e capital) e aumenta o seu patrimônio em 368,61 R\$ ha⁻¹ em termos de valores presentes após seis anos de investimento. O projeto poderia pagar até 570,32 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ de arrendamento da terra (VAE sem terra), ou remunerar o capital próprio em até 5,09% ano⁻¹ acima da inflação (TIR), ou receber 58,97 R\$ mcav⁻¹ (CMP). Ainda assim, o projeto seria economicamente viável, mas não aumentaria o patrimônio do produtor (VPL nulo).

Um resumo destes valores limite de remuneração da terra e capital próprio, além do preço do produto, para a mínima viabilidade econômica do sistema modal de produção, pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5. Valor dos fatores de produção ou produto para viabilidade econômica do sistema de produção modal com e sem a comercialização de créditos de reposição florestal (CRF).

Remuneração do fator de produção ou produto	Sem CRFs	Com CRFs
Custo de arrendamento da terra (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	358,21	570,32
Remuneração do capital próprio acima da inflação (% a.a.)	1,91	5,09
Preço mínimo do cavaco entregue no cliente (R\$ mcav ⁻¹)	62,44	58,97

O quanto da receita obtida pelo projeto é apropriada em cada grupo de custo ou fator de produção utilizado, nos cenários com e sem comercialização dos créditos de reposição florestal, por unidade de área (hectare) e por unidade de produto (mcav), está apresentado na Figura 3.

Em ambos os casos, a etapa de produção que mais se apropriou da receita foi o custo de colheita e processamento do cavaco, sendo de 21,00 R\$ mcav⁻¹, seguido do custo de transporte de 16,00 R\$ mcav⁻¹. Em terceira colocação ficaram os custos somados de silvicultura e mão de obra fixa, em 12,56 R\$ mcav⁻¹.

Modal Lucas do Rio Verde (MT) - 2019 - metro de cavaco - 150 km

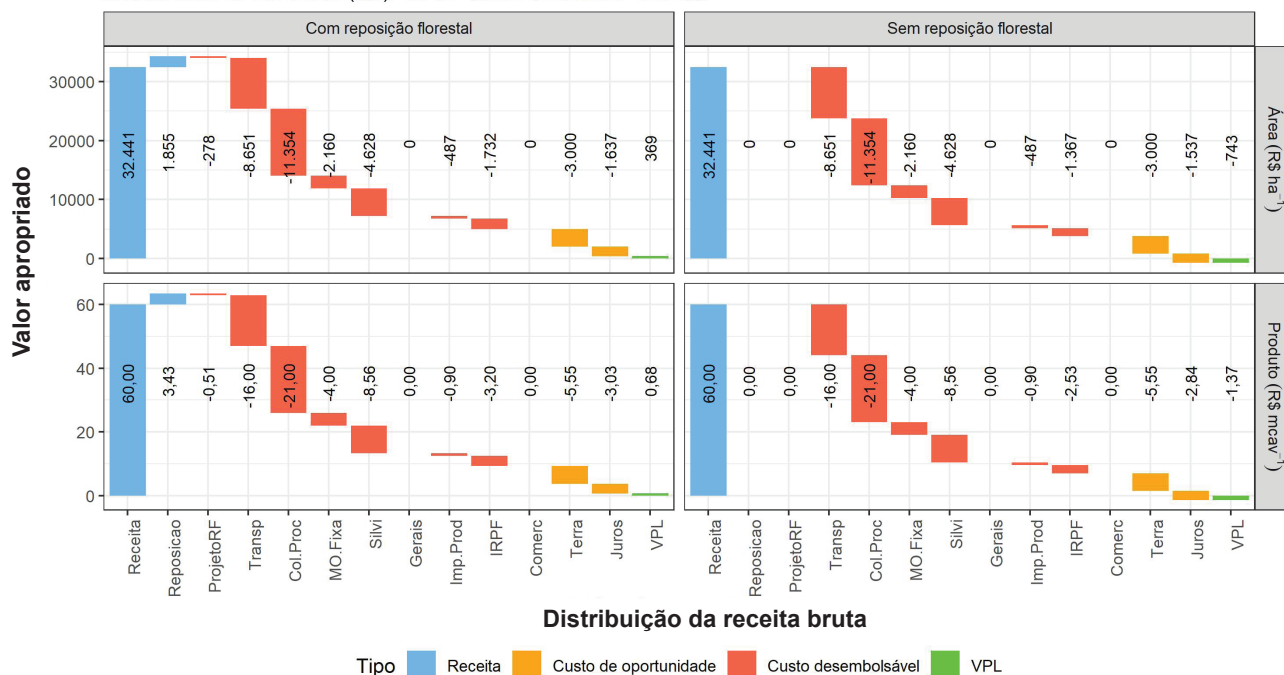


Figura 3. Distribuição da receita bruta pelas categorias de custo no sistema modal de produção.

Nota: Receita – receita bruta obtida com a comercialização do cavaco, Reposição – receita obtida com a comercialização dos créditos de reposição florestal, ProjetoRF – custo de elaboração do projeto para obter os créditos de reposição florestal, Transp – custo de transporte do cavaco, Col.Proc – custo de colheita e processamento (picagem) do cavaco, MO.Fixa – custo de mão de obra fixa com os funcionários permanentes, Silvi – custo com as operações silviculturais realizadas, Gerais – Custos gerais de administração da propriedade, Imp.Prod – custo com impostos sobre a produção (ICMS, Funrural etc...), IRPF – custo com impostos de renda pessoa física, Comerc – custos de comercialização, Terra – custo de oportunidade da terra própria, Juros – custo de oportunidade (pagamento) sobre juros de capital próprio, VPL – valor presente líquido.

Mesmo no cenário com VPL negativo, há o pagamento de impostos sobre a receita bruta (visto que há receita) e de imposto de renda de pessoa física (IRPF), pois os custos de oportunidade não são considerados como custos na declaração de imposto de renda, de modo que o produtor fica com um saldo de 9,55 R\$ mcav⁻¹ e 12,46 R\$ mcav⁻¹ nos cenários sem e com comercialização de CRF, respectivamente, sendo então pagos os impostos de renda de pessoa física.

O VPL no cenário sem comercialização de CRFs fica negativo, pois o valor que sobra após o pagamento do IRPF não é suficiente para cobrir todos os custos de oportunidade dos fatores de produção próprios (terra e capital).

A maior proporção dos custos de colheita, processamento e transporte da madeira já é de conhecimento do setor florestal, e são os principais objetivos de busca pela eficiência de operação e planejamento, principalmente, quando envolvem maiores distâncias, como na região Centro-Oeste do País. A distância mais comum de transporte relatada pelos especialistas no painel foi 150 km, a mesma relatada pelos produtores em um painel semelhante realizado em Cristalina, GO (Moreira et al., 2021), mas superior ao relatado em um outro estudo realizado no estado do Goiás.

Um painel semelhante em Rio Verde, GO citou 50 km como a distância mais comum de comercialização, devido às características do polo regional de produção e ao planejamento dos produtores, embora sejam relatados distâncias muito superiores de transporte em alguns casos, com impacto significativo nos custos de produção florestal (Moreira et al., 2019). Grandes empresas florestais de celulose planejam raios médios de transporte menores; o relatório de sustentabilidade da Klabin cita uma distância média de transporte das florestas próprias para a fábrica de 66 km no Paraná e 74 km em Santa Catarina (Klabin, 2017). O custo de transporte relatado pelos especialistas do painel foi

semelhante ao relatado para 150 km de distância em Rio Verde, GO (15,27 R\$ mcav⁻¹) (Moreira et al., 2019) e inferior ao relatado em Cristalina, GO (21,33 R\$ mcav⁻¹) (Moreira et al., 2021).

Entretanto, o que chamou mais a atenção foi o valor do custo de colheita e processamento da madeira, relatado em 21,00 R\$ mcav⁻¹ pelos participantes do painel, muito superior ao valor de 15,80 R\$ mcav⁻¹ relatado em Rio Verde, GO, em 2018 (Moreira et al., 2019), de 14,94 R\$ mcav⁻¹, em Cristalina, GO, com as devidas conversões de unidade (Moreira et al., 2021), destacando-se a necessidade de uma maior profissionalização desta atividade na região, o que permitiria ganhos de produtividade e custos menores, compatíveis com outras regiões que apresentam características de clima, relevo e condições de mercado similares.

Impacto do preço e custo de transporte na viabilidade econômica do sistema de produção

As variáveis que mais afetam a rentabilidade do cultivo florestal são: preço da madeira, produtividade, custos de colheita, custo de transporte e taxa de juros (Moreira et al., 2017, 2019; Janoselli et al., 2016). Na Figura 4 são apresentadas as alterações dos indicadores financeiros, com variações nos preços pagos pelo cavaco ao cliente, em diferentes cenários de custos de transporte, simulando a entrega a diferentes distâncias do produtor.

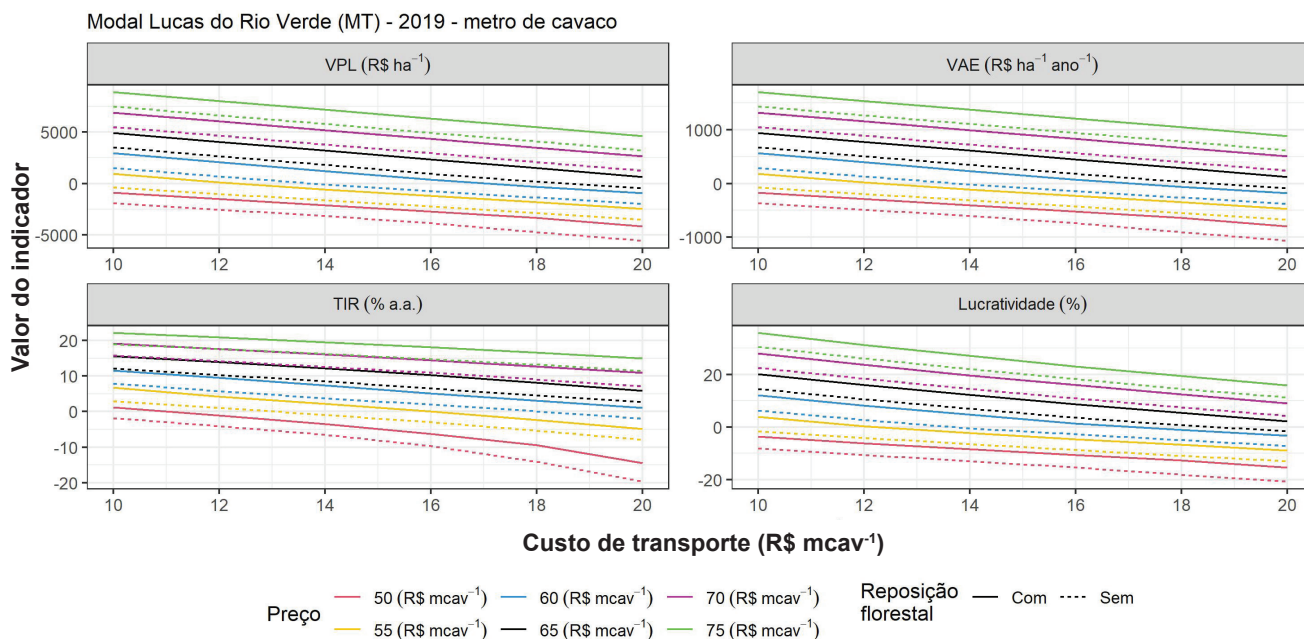


Figura 4. Impacto do custo de transporte e do preço do cavaco nos indicadores de viabilidade econômica.

Considerando o VPL, um aumento de preço de 60 R\$ mcav⁻¹ para 65 R\$ mcav⁻¹ no cenário base altera o resultado do indicador de -743,29 R\$ ha⁻¹ para 955,20 R\$ ha⁻¹. A mesma alteração pode ser obtida com a redução do custo de transporte de 16,00 R\$ mcav⁻¹ para 11,35 R\$ mcav⁻¹, deixando claro o impacto que ambas as variáveis possuem no resultado econômico final do projeto florestal, e que este é mais sensível a alterações de preço do que do custo de colheita.

A venda de CRF's no projeto quase iguala o VPL ao cenário de preço superior sem a comercialização dos CRF's em todos os cenários de variação de preço. Mais precisamente, a partir do cenário

modal, a venda de CRF’s gera o mesmo impacto no VPL que uma elevação de preço de 60,00 para 63,52 R\$ mcav⁻¹ no cenário sem a comercialização de CRF’s.

O comportamento dos indicadores VPL e VAE são semelhantes, mas o índice de lucratividade e a taxa interna de retorno apresentam comportamento distinto, tendendo a serem mais sensíveis às variações de preço e custo de colheita nos cenários em que a viabilidade econômica é pior, principalmente nos cenários em que o projeto não é viável (VPL e VAE < 0 e TIR < 4% a.a.).

A Figura 5 apresenta as alterações de apropriação das receitas pelos diferentes centros de custo/ fatores de produção do projeto, à medida que se alteram os custos de transporte e os preços do cavaco no cenário modal sem a comercialização de CRF’s.

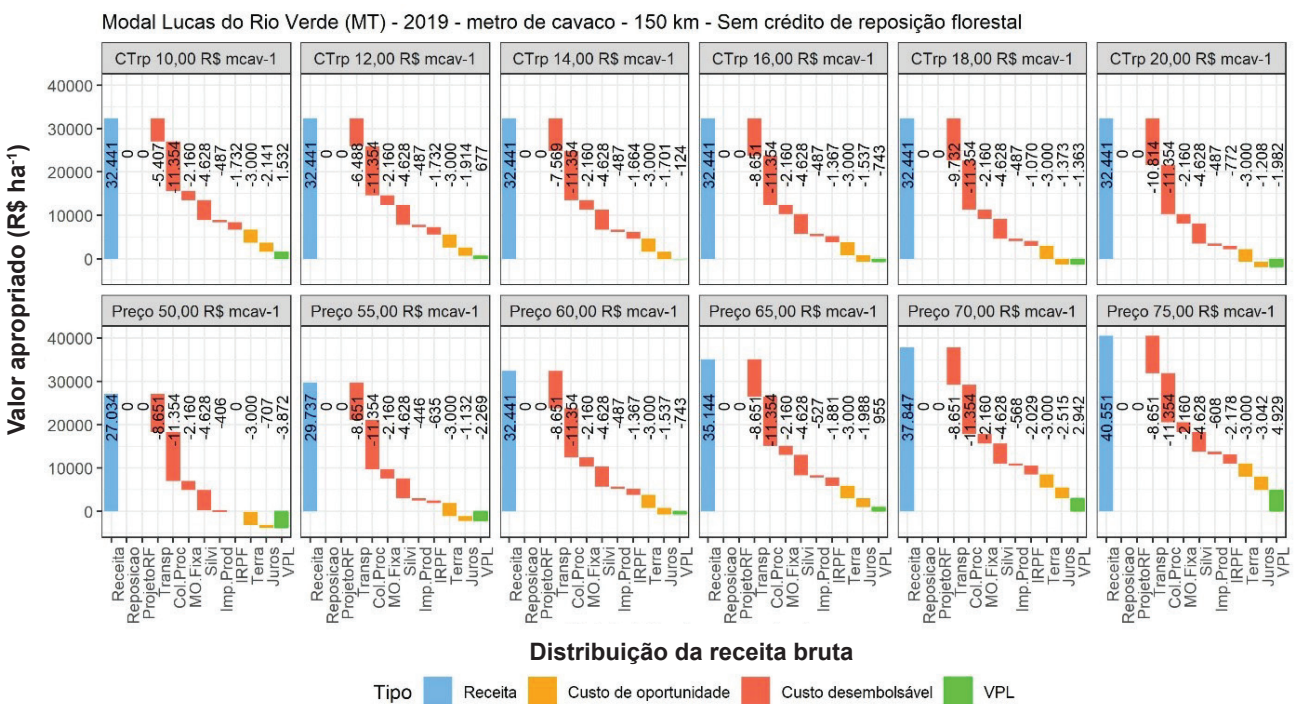


Figura 5. Apropriação das receitas nos diferentes cenários de custo de transporte e preço sem crédito de reposição florestal.

Nota: Receita – receita bruta obtida com a comercialização do cavaco, Reposição – receita obtida com a comercialização dos créditos de reposição florestal, ProjetoRF – custo de elaboração do projeto para obter os créditos de reposição florestal, Transp – custo de transporte do cavaco, Col.Proc – custo de colheita e processamento (picagem) do cavaco, MO.Fixa – custo de mão de obra fixa com os funcionários permanentes, Silvi – custo com as operações silviculturais realizadas, Gerais – Custos gerais de administração da propriedade, Imp.Prod – custo com impostos sobre a produção (ICMS, Funrural etc...), IRPF – custo com impostos de renda pessoa física, Comerc – custos de comercialização, Terra – custo de oportunidade da terra própria, Juros – custo de oportunidade (pagamento) sobre juros de capital próprio, VPL – valor presente líquido.

A redução do custo de transporte reduz o valor total apropriado pelos custos de transporte, mas elevam o valor pago de IPRF e dos juros sobre capital próprio. O resultado final é a melhora do VPL do projeto com a sua redução.

O aumento do preço também melhora o resultado final do projeto, aumentando a receita, mas também elevam os custos com impostos sobre a produção, imposto de renda pessoa física e juros sobre o capital próprio. Nos cenários sem a comercialização de CRF’s, o projeto foi viável apenas naqueles com preços iguais ou superiores a 65,00 R\$ mcav⁻¹, sendo o preço de 62,44 R\$ mcav⁻¹ o limite para que o mesmo seja viável (Tabela 5).

O mesmo comportamento observado na Figura 5 é verificado na Figura 6, na apropriação das receitas pelos centros de custo/fatores de produção com a comercialização de CRF's.

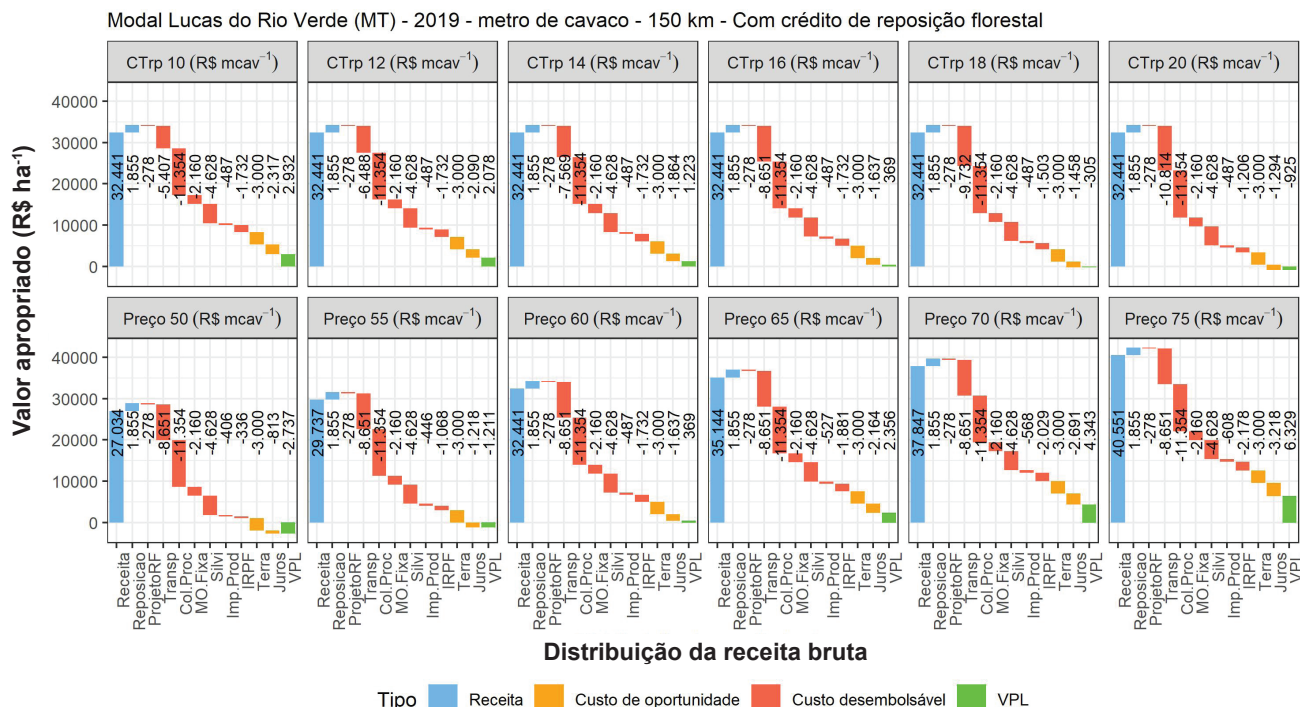


Figura 6. Apropriação das receitas nos diferentes cenários de custo de transporte e preço com o crédito de reposição florestal.

Impacto da alteração da idade de corte na viabilidade econômica do sistema de produção

A definição do regime de manejo florestal, incluindo a idade economicamente ótima de corte, é uma das importantes ferramentas e estratégias que se dispõe para maximizar o retorno obtido com a floresta.

Na Figura 7 pode-se observar a variação do valor anual equivalente (VAE), que é o indicador financeiro adequado para comparação de projetos com horizonte temporal diferente, decorrente de um adiamento da idade de corte em um ou dois anos. Devido à produtividade esperada nas curvas de crescimento, aos custos do processo e à taxa mínima de atratividade utilizada, o adiamento da idade de corte elevou o valor do indicador financeiro em ambas as idades, mas com maior diferença aos sete anos, para todos os cenários de preços e custos de transporte avaliados.

Outro aspecto importante é a redução da sensibilidade do VAE às variações na idade de corte quando comercializados os créditos de reposição florestal (CRF's), demonstrando a importância desta estratégia na redução do risco econômico da atividade.

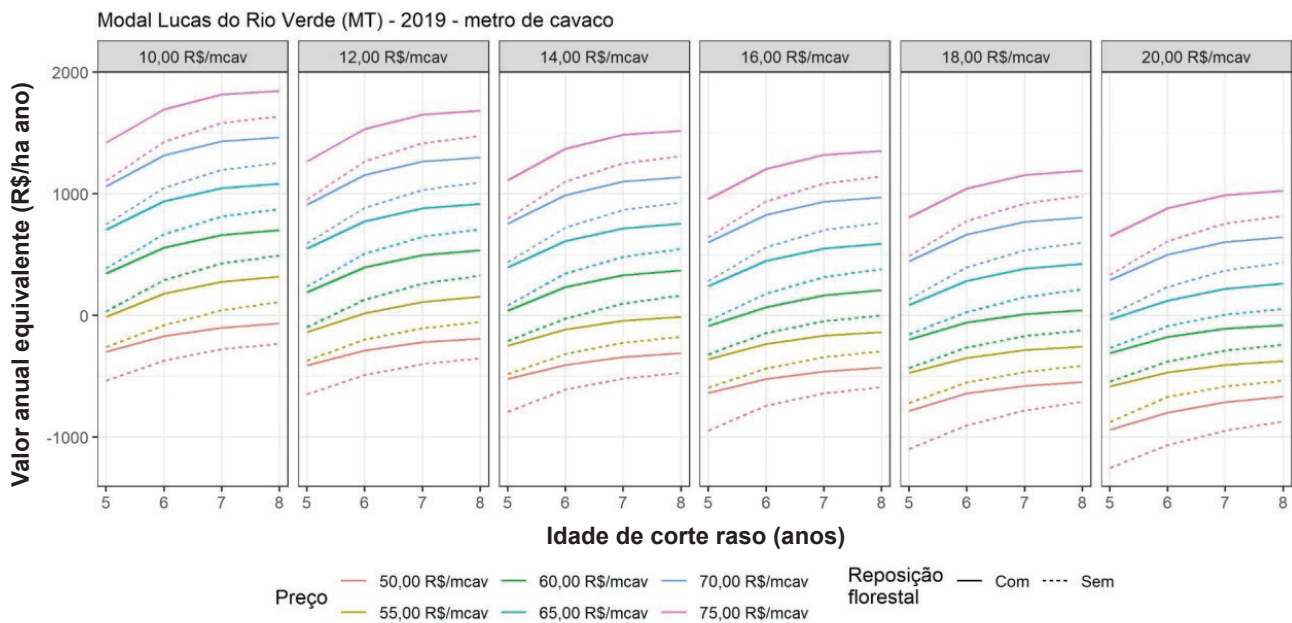


Figura 7. Impacto da alteração da idade de corte raso no valor anual equivalente (VAE) do sistema de produção, em diferentes cenários de preço e custo de transporte.

Aumento dos custos de arrendamento devido à elevação dos preços das commodities

O valor das commodities apresentou uma elevação inesperada nos últimos anos, afetando diretamente a competitividade da produção florestal em regiões agrícolas, pelo aumento do custo de oportunidade da terra, muitas vezes indexado em sacas de soja.

Na Figura 8 é apresentada a elevação no custo médio de produção, que é o preço mínimo a ser pago pelo cavaco ao cliente, para que o projeto florestal seja viável (remunere todos os fatores de produção utilizados, mas não aumente a riqueza do produtor em relação ao segundo melhor projeto para os recursos), em diferentes cenários de custos de transporte com e sem a comercialização dos CRF's, ao preço de arrendamento de terra no momento da coleta dos dados e de agora.

No cenário modal, sem a comercialização de CRF's, o preço mínimo a ser pago para que o plantio florestal fosse economicamente viável se eleva de 62,44 R\$ mcav⁻¹ para 71,83 R\$ mcav⁻¹, se o custo da saca de soja passar de 62,50 R\$ sc⁻¹ para 150,00 R\$ sc⁻¹ (arrendamento passando de 500,00 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ para 1.200,00 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹). Este aumento no custo de arrendamento equivale ao aumento de 10,00 R\$ mcav⁻¹ para 18,00 R\$ mcav⁻¹ no custo de transporte (CMP equivalentes).

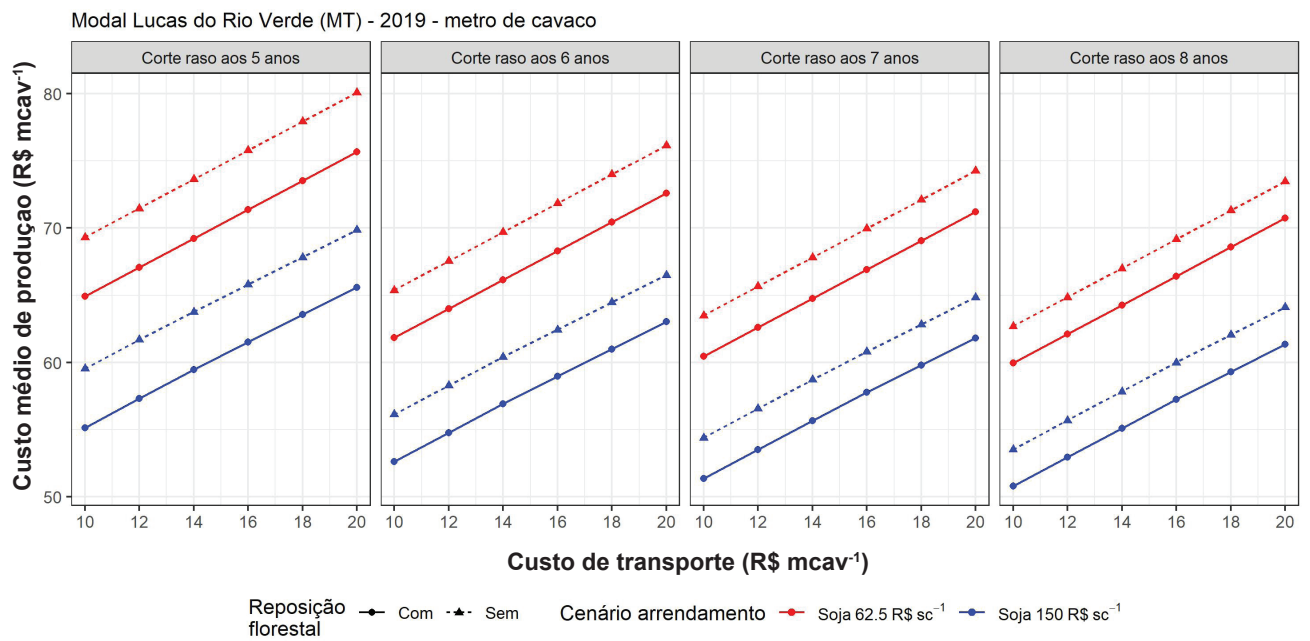


Figura 8. Impacto da elevação do custo de arrendamento pelo aumento do preço da soja, no custo médio de produção em diferentes idades de corte raso e custos de transporte do cavaco.

Conclusões

No cenário base do sistema de produção modal florestal de madeira para energia, analisado em 2019 no médio-norte de Mato Grosso, a remuneração oriunda dos créditos de reposição foi imprescindível para a viabilização econômica do negócio florestal.

A receita florestal é sensível ao preço pago pela madeira para energia e aos custos de transporte do produto ao centro consumidor, sendo diretamente proporcional ao primeiro e inversamente proporcional ao segundo. A consideração da distância do plantio ao consumidor final é fundamental para a inserção do produtor no mercado florestal, em uma condição que permita boa rentabilidade em momentos favoráveis, e uma posição menos vulnerável em cenários desfavoráveis à silvicultura, reduzindo o risco do empreendimento.

Em todos os cenários analisados, rotações com sete ou oito anos de idade de corte obtiveram melhores resultados econômicos que rotações mais curtas, com cinco ou seis anos de idade. Entretanto, para tomadas de decisão mais precisas, os produtores devem utilizar as funções de prognose de crescimento ajustadas a partir dos seus plantios, que representam o crescimento em volume do talhão comercial em questão.

O regime de manejo simulado para produção de floresta de eucalipto, que apresentou a melhor rentabilidade para geração de energia, considerando o preço e custo de transporte vigentes no momento do estudo, foi o de colheita aos oito anos de idade com comercialização do crédito de reposição florestal.

O aumento do custo de arrendamento da terra, pela valorização da saca de soja entre 2019 e 2021, elevaria o preço mínimo para viabilidade do investimento em todos os cenários avaliados, mesmo considerando que os demais custos se mantivessem os mesmos e constantes, impactando de forma significativa a rentabilidade dos empreendimentos.

Há uma oportunidade de aumento de competitividade na cadeia produtiva regional com a otimização das operações de colheita, reduzindo o custo médio da operação e elevando o ganho dos produtores.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Imea) pela parceria na execução dos trabalhos deste estudo. Ao Sindicato Rural de Lucas do Rio Verde, pela cessão das instalações para realização do painel de especialistas. E principalmente, a todos os produtores, consultores e empresas que enviaram seus colaboradores para compor o conjunto de especialistas que construiu o painel do sistema de produção florestal analisado, sem o qual este trabalho não seria possível.

Referências

- CLIMATE-DATE.ORG. **Clima Lucas do Rio Verde (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso/lucas-do-rio-verde-43165/>. Acesso em: 7 jul 2021.
- DE ZEN, S.; PERES, F. C. Painel agrícola como instrumento de comunicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40., Passo Fundo, 2002. **Anais** [...]. Brasília, DF: SOBER, 2002.
- FS BIOENERGIA. **Fomento florestal**: venha ser parceiro florestal da FS. [S. l., 202?]. Folder. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/34aeec8a-d08e-440f-ad7f-324e1e1e7745/5172ac33-7807-ec38-1444-46d980913f7f?origin=2>. Acesso em: 23 ago 2021.
- HENRIQUE, A.; CHERUBIN, N. Etanol de milho avança no Brasil. **RPAnew**: Cana & Indústria, v. 19, n. 210, p. 18-24, 2020.
- IBA. Indústria Brasileira de Árvores. **2020**: relatório anual = annual report. Brasília, DF, 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática**: SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N6/5105259>. Acesso em: 7 jul 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da extração vegetal e da silvicultura (PEVS)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 10 jun 2021.
- IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Clusters de etanol de milho em Mato Grosso**. 2015. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/estudos-customizados/AnaliseClusterEtanolMilho.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.
- JANOSELLI, H. R. D.; HARBS, R.; MENDES, F. L. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no interior de São Paulo. **Revista iPecege**, v. 2, n. 2, p. 24-45, 2016. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2016.2.24>.
- KASSAI, J. R.; CASANOVA, S. P. de C.; SANTOS, A. dos; ASSAF NETO, A. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 277 p.
- KLABIN. **Relatório de sustentabilidade 2017**: abastecimento de madeira. Disponível em: <https://rs2017.klabin.com.br/abastecimento-de-madeira/>. Acesso em: 28 jul. 2021.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; REIS, C. A. F.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, V. L. E. de. **Análise de viabilidade econômica da produção de eucalipto para energia em Rio Verde, GO**. Colombo: Embrapa Florestas, 2019. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 327). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1107401>.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; SANTOS, A. M.; REIS, C. A. F.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, V. L. E. de. **Viabilidade econômica de eucalipto para energia em Cristalina, Goiás**. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. 35 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 352). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223873/1/EmbrapaFlorestas-2021-Docmentos352.pdf>. Acesso em: 18 set 2021
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; SANTANA, L. F. de. Impacto do custo de transporte no risco da rentabilidade florestal na região de Itapeva-SP. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 38, n. 132, p. 77-89, 2017.
- OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Embrapa Florestas: Colombo, 2011. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 216). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39886/1/Doc216.pdf>.
- REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 389 p.
- SHIMIZU, J. Y.; KEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá, 2007.
- WICKHAM, H.; AVERICK, M.; BRYAN, J.; CHANG, W.; MCGOWAN, L. D'A.; FRANÇOIS, R.; GROLEMUND, G.; HAYES, A.; HENRY, L.; HESTER, J.; KUHN, M.; PEDERSEN, T. L.; MILLER, E.; BACHE, S. M.; MÜLLER, K.; OOMS, J.; ROBINSON, D.; SEIDEL, D. P.; SPINU, V.; TAKAHASHI, K.; VAUGHAN, D.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H. Welcome to the tidyverse. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.

Embrapa

Florestas

