

## Viabilidade econômica de eucalipto para energia em Cristalina, Goiás





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

**DOCUMENTOS 352**

# **Viabilidade econômica de eucalipto para energia em Cristalina, Goiás**

*Jose Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira*

*Alisson Moura Santos*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

*Flávio José Simioni*

*Vera Lucia Elias de Oliveira*

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba

Caixa Postal 319 Fone/Fax: (41) 3675-5600

83411-000 - Colombo, PR, Brasil

[www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://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: *Elisabete Marques Oaida*

Membros: *Annete Bonnet, Elenice Fritzsons, Marcelo Francia Arco Verde,*

*Susete do Rocio Chiarello Penteado, Cristiane Aparecida Fioravante Reis, Krisle da Silva,*

*Marilice Cordeiro Garrastazu, 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*

Foto capa: *José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira*

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 de eucalipto para energia em Cristalina, Goiás. [recurso eletrônico] / José Mauro Magalhães Ávila Paz Morreira ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2021.

35 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 352)

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. Lenha. 7. Cavaco. 8. Goiás – Brasil. I. Morreira, José Mauro Magalhães Ávila Paz. II. Santos, Alisson Moura. III. Reis, Cristiane Aparecida Fioravante. IV. Simioni, Flávio José. V. Oliveira, Vera Lucia Elias de. VI. Série.

CDD (21. ed.) 634.973766

---

*Francisca Rasche CRB 9-1204*

© Embrapa 2021



# **Autores**

## **Jose Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira**

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

## **Alisson Moura Santos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Florestal, pesquisador da Embrapa Floresta, Colombo, PR

## **Cristiane Aparecida Fioravante Reis**

Engenheira Florestal, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

## **Flávio José Simioni**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, professor Associado da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Lages, SC

## **Vera Lucia Elias de Oliveira**

Engenheira Civil, mestre em Engenharia do Meio Ambiente, analista da unidade de projetos do Sebrae-GO, Goiânia, GO



# Apresentação

Os investimentos em plantios florestais realizados por produtores rurais têm sido uma alternativa interessante de diversificação de renda nas propriedades, desde que sejam realizados com um conhecimento mínimo de mercado e com o devido planejamento da produção florestal. Entretanto, a literatura é carente de informações detalhadas sobre sistemas de produção e os seus principais custos envolvidos, principalmente nas novas fronteiras de plantações florestais, na Região Centro-Oeste do Brasil. Desta forma, o presente estudo, desenvolvido na região de Cristalina, Goiás, busca contribuir especificamente com informações sobre sistema de produção de eucalipto para lenha, e visa dar subsídios, com conhecimentos técnicos e econômicos, aos produtores florestais, agentes financeiros, profissionais de assistência técnica e extensão rural e formuladores de políticas públicas ligados à cadeia produtiva de florestas plantadas. O estudo apresenta a viabilidade econômica da produção na região, considerando alguns cenários, bem como as alterações na rentabilidade decorrentes da variação do regime de manejo florestal adotado.

*Marcílio José Thomazini*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Florestas





# Sumário

Contexto mundial do uso energético da madeira .....	9
A produção de madeira de eucalipto para uso energético na região Centro-Oeste, em Goiás e em Cristalina .....	10
O sistema de produção modal elaborado.....	13
Estimativa de produtividade de madeira do modal elaborado.....	14
Custos silviculturais do sistema de produção modal.....	15
Características da colheita e comercialização da madeira .....	16
Outros custos incidentes sobre a produção florestal .....	18
Análise de cenários .....	18
Alteração da idade de corte do sistema de produção modal .....	18
Indicadores de viabilidade econômica .....	19
Análise de viabilidade econômica .....	19
Modal com colheita semimecanizada e carregamento manual (lenha de metro).....	19
Cenário modal .....	19
Cenários alternativos.....	21
Alteração no regime de manejo .....	23
Modal com colheita mecanizada e picagem da madeira no campo (cavaco) .....	26
Cenário modal .....	26
Cenários alternativos.....	28
Alteração no regime de manejo .....	29
Conclusões.....	31
Agradecimentos.....	32
Referências .....	32
Anexos.....	34



## Contexto mundial do uso energético da madeira

O setor florestal tem sido fundamental no fornecimento de diversos bens e serviços para a sociedade, em nível mundial. Seus produtos e subprodutos madeiráveis e não madeiráveis têm sido utilizados para várias finalidades, inclusive para usos energéticos.

A produção de madeira para uso energético, oriunda tanto de extrativismo como de florestas plantadas, aumentou 3,62% entre 2008 e 2017 (FAO, 2017). Os principais países que utilizam madeira como fonte de energia são: Índia (16%), China (9%), Brasil (6%), Etiópia (6%) e República Democrática do Congo (4%), sendo em conjunto responsáveis por 41% da produção mundial (FAO, 2017).

No Brasil, a produção de madeira para energia é, historicamente, alicerçada no carvão vegetal, na lenha (na forma de cavacos ou de toretes/“metrinho”) e também no aproveitamento do licor negro, descartado do processo de obtenção da celulose, para a geração de energia elétrica utilizada nas próprias plantas industriais de celulose e papel (IBÁ, 2020).

O País tem vivido, ao longo dos anos, uma transição gradual do uso de madeira procedente de extrativismo para madeira de florestas plantadas, com previsão de ainda maior ampliação nos próximos anos (IBGE, 2019, IBÁ, 2020). O esgotamento de recursos florestais nativos em várias regiões brasileiras, as crescentes pressões ambientais pela preservação dos recursos remanescentes, a demanda constante por matérias-primas em quantidade, qualidade e, no raio econômico viável de distância dos polos consumidores, ajudam a explicar a substituição da madeira de extrativismo pela oriunda de florestas plantadas (Reis et al., 2015, 2017).

Em 2019, a produção brasileira de carvão vegetal obtida de florestas plantadas foi 6.001.529 t (99% suprida pela madeira de eucalipto) e 372.212 t de extrativismo. A produção brasileira de lenha de florestas plantadas, em 2019, foi 51.179.751 m<sup>3</sup> (85,6% da madeira de eucalipto) e 19.130.833 m<sup>3</sup> de extrativismo (IBGE, 2019).

Essas informações denotam a relevância da silvicultura intensiva com eucalipto no suprimento de demandas pelo seu uso energético junto ao setor produtivo brasileiro, dentre outros usos (IBÁ, 2020). Tudo isso graças a fatores tais como: boa adaptação das espécies de eucalipto plantadas nas diversas condições ambientais brasileiras; rápido crescimento, elevada produtividade volumétrica da madeira e ciclo de curta rotação, quando comparado com outras espécies florestais; protocolo silvicultural bem estabelecido e difundido, além da boa adequação da madeira ao uso energético.

No cenário mundial, o Brasil se destaca como o maior produtor de carvão de fonte renovável (carvão de eucalipto) e, também, por seu uso em indústrias siderúrgicas, na produção de ferro-gusa e aço, as quais são consumidoras da maior parte do carvão vegetal produzido em território brasileiro. O carvão vegetal tem também abastecido demandas domésticas para uso em churrasqueiras. Vale lembrar que o carvão mineral ainda é uma importante fonte de energia industrial em todo o mundo, todavia, é uma fonte não renovável, assim como o petróleo e o gás natural. Em decorrência do efeito poluidor do carvão mineral, pressões ambientais têm direcionado, cada vez mais, à sua substituição por fontes renováveis, como é o caso do carvão vegetal.

A lenha de eucalipto, principal tema abordado nesta publicação, tem sido tradicionalmente usada para as mais diversas finalidades, tais como: na cocção de alimentos e no aquecimento residencial, especialmente na região Sul do País; para geração de energia térmica na secagem de grãos; nos

fornos para produção de cerâmicas, mineradoras, olarias, pizzarias; para geração de vapor d'água em caldeiras esmagadoras de soja, nos frigoríficos, nos laticínios e nas indústrias de alimentos; termelétricas, dentre outras indústrias de transformação.

## A produção de madeira de eucalipto para uso energético na região Centro-Oeste, em Goiás e em Cristalina

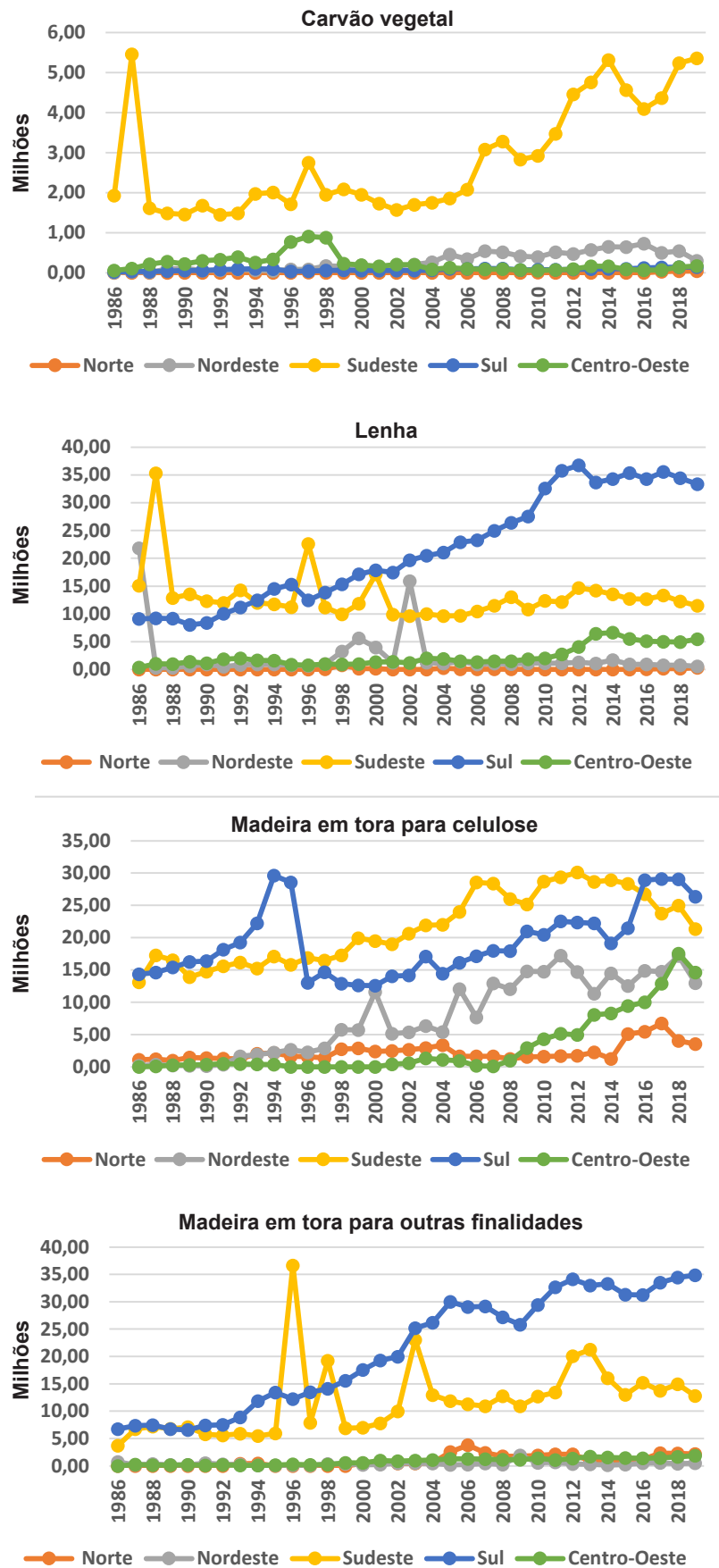
Em comparação com as regiões Sudeste e Sul, a silvicultura intensiva permaneceu pouco desenvolvida durante muitos anos na região Centro-Oeste, sendo observado um crescimento mais significativo para atendimento da produção de madeira para processamento de celulose e obtenção de lenha, especialmente, a partir da década de 2000 (Figura 1) (IBGE, 2019). Aspectos como a distância das principais unidades industriais do segmento de florestas plantadas localizadas nas regiões Sudeste e Sul, bem como dos mercados fornecedores de insumos e da maioria dos mercados consumidores contribuíram para justificar a pequena representatividade dessa região no mercado de florestas plantadas, no decorrer dos anos (Reis et al., 2015). Assim, boa parte das demandas por produtos florestais foram, até então, supridas pelo extrativismo regional ou, em parte, por produtos de florestas plantadas de outras regiões brasileiras, já que a produção de florestas plantadas na região não era ampla (IBGE, 2019).

No entanto, na atualidade, a região Centro-Oeste é considerada uma das novas fronteiras da silvicultura brasileira (Reis et al., 2015; IBGE, 2019; IBÁ, 2020). Entre as causas desse expressivo incremento da área de florestas plantadas nessa região estão o aumento populacional e o elevado desenvolvimento econômico, que geram demandas para atender vários usos, seja no âmbito de consumo interno (como exemplo, para uso energético) ou para exportação (como é o caso da celulose) (Reis et al., 2015; IBÁ, 2020).

Em 2019, a região Centro-Oeste foi responsável pela produção de 172.375 t de carvão vegetal (98,60% oriundo de madeira de eucalipto), 5.489.204 m<sup>3</sup> de lenha (97,8% de eucalipto), 14.602.994 m<sup>3</sup> de toras para uso no processamento da celulose (100% eucalipto) e 1.885.262 m<sup>3</sup> de madeira em tora para outros usos (72,6% de eucalipto) (IBGE, 2019). Esses valores correspondem a 2,88%, 10,72%, 18,54% e 3,62% dos respectivos produtos gerados pelas florestas plantadas brasileiras (IBGE, 2019).

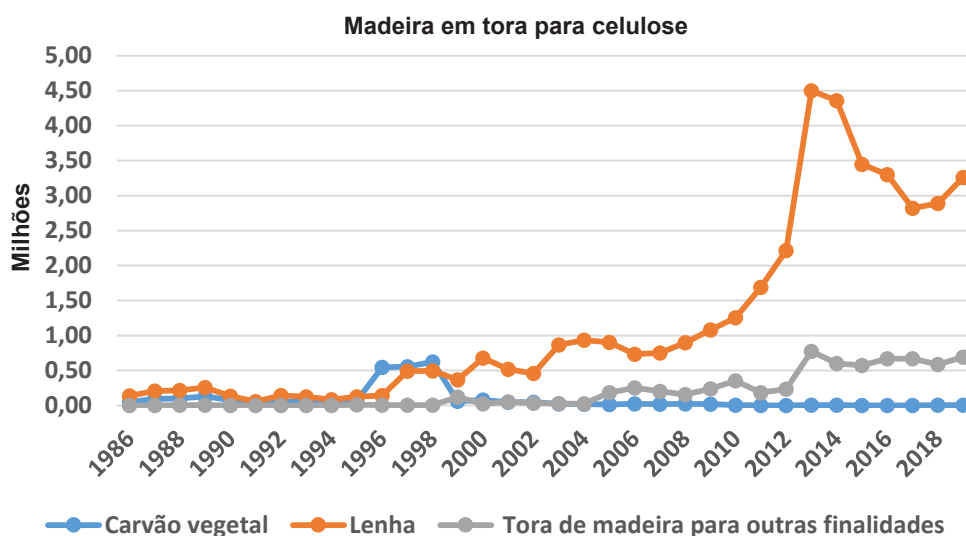
No decorrer dos anos, Goiás tem ocupado lugar de destaque na produção de madeira para lenha quando comparado com os demais estados do Centro-Oeste e Distrito Federal, com 59,4% da produção, sendo totalmente a partir de madeira de eucalipto (IBGE, 2019). A produção de carvão vegetal tem sido irrisória (2.554 t em 2019) desde a década de 1990 e, de tora para celulose, praticamente inexistente no decorrer da série histórica. Em 2019, a produção de madeira em tora para outros usos foi 689.669 m<sup>3</sup> (72,6% de eucalipto) (Figura 2) (IBGE, 2019). Essa produção acentuada de lenha está estreitamente ligada ao abastecimento das demandas de três grandes segmentos: indústrias mineradoras, agronegócio e indústrias alimentícias (Reis et al., 2017).





**Figura 1.** Séries históricas das produções de carvão vegetal (t), de lenha (m<sup>3</sup>), de madeira em tora para celulose (m<sup>3</sup>) e de madeira em tora para outras finalidades (m<sup>3</sup>) de florestas plantadas, por regiões geográficas brasileiras entre 1986 e 2019.

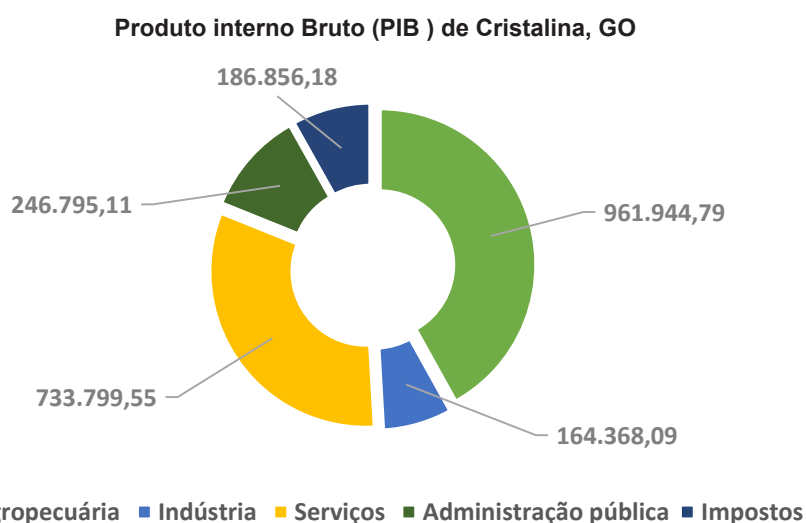
Fonte: IBGE (2019).



**Figura 2.** Séries históricas das produções de carvão vegetal (t), de lenha (m³) e de madeira em tora para outras finalidades (m³) de florestas plantadas, em território goiano entre 1986 e 2019.

Fonte: IBGE (2019).

O município de Cristalina, cujo sistema de produção modal de eucalipto é tema desta publicação, está situado na Região do Entorno do Distrito Federal e apresenta economia classificada como de elevado porte, de acordo com estudo realizado pelo Instituto Mauro Borges do Governo de Goiás (Goiás, 2010). O Produto Interno Bruto (PIB), que é a soma de todas as riquezas produzidas no município de Cristalina, foi aproximadamente R\$ 2,3 bilhões em 2017, o que situa o município como o 14º colocado da economia entre os 246 municípios goianos e 394º do Brasil, dentre os 5.570 municípios brasileiros (Figura 3) (IBGE, 2017). Assim, Cristalina está entre no seletor grupo dos 7% municípios mais ricos do Brasil, com destaque para o PIB agropecuário. O PIB per capita de Cristalina é considerado elevado e igual a R\$ 41.443,33 (IBGE, 2017).



**Figura 3.** Produto Interno Bruto, referente ao ano de 2017, do município de Cristalina, GO.

Fonte: IBGE (2017).

Durante muitos anos, a economia de Cristalina se baseou na exploração de cristais (Cristalina, 2020). Na década de 1970, com a chegada de produtores rurais da região Sul do Brasil, o cenário extrativista cedeu lugar ao agronegócio, em decorrência das condições ambientais favoráveis à agricultura apresentadas por este município (Cristalina, 2020). Com mais de 630 pivôs instalados, Cristalina é o município que mais utiliza a irrigação na América Latina, tendo como resultados produtividades agrícolas elevadas e, conseqüentemente, de grande relevância no cenário nacional (Cristalina, 2020).

As principais atividades agropecuárias desenvolvidas neste município são as produções de: algodão, alho, arroz de sequeiro, batata, café, cebola, feijão, milho, milho doce, soja, sorgo, trigo irrigado, produção e processamento de bovinos de corte e de leite, além de aves e suínos (Goiás, 2010; 2012; 2014; Cristalina, 2020). Destaca-se também na fabricação de produtos alimentícios (como exemplo, atomatados e conservas de alimentos), cujas fábricas foram instaladas a partir de 2010 (Goiás, 2010; 2012; 2014; Cristalina, 2020). Como forma de abastecimento às demandas de uso energético de madeira para suprimento de atividades ligadas ao agronegócio, dentre outros segmentos, Cristalina apresentou a quarta maior área plantada municipal goiana de eucalipto em 2016 (Reis et al., 2017).

As séries históricas de produção de carvão vegetal, lenha, madeira em tora para celulose e madeira em tora para outras finalidades disponibilizadas pelo IBGE se iniciaram no ano de 1986 (IBGE, 2019). No caso de Cristalina, não há registros de produções de madeira em tora para celulose ou para outras finalidades entre 1986 e 2019. A produção de carvão vegetal foi registrada nesse município entre 1986 e 2012, sendo a maior produção em 1990, com aproximadamente 34 t. Posteriormente, o ritmo seguiu em queda anual acentuada. A produção de lenha foi registrada entre 1986 e 1990 e, ao que parece, houve descontinuidade na produção até 2007. A produção voltou a ser registrada em 2008, com ápice de produção em 2019. Esse período de incremento coaduna com o incremento da produção do agronegócio e, também, com a instalação de indústrias alimentícias no município. Em 2019, a produção estimada de madeira para uso como lenha em Cristalina foi 200.000 m<sup>3</sup>, sendo classificado como o sexto maior município produtor de lenha de Goiás. Esses aspectos ressaltam a importância de que custos de produção sejam elaborados continuamente para esse município.

## O sistema de produção modal elaborado

O sistema de produção modal (SPM) de eucalipto para energia realizado na região de Cristalina foi delineado em um painel junto com produtores rurais, consultores florestais e técnicos da Cooperativa Florestal Brasil Central (Arbo), em setembro de 2018. A escala de produção e o perfil da propriedade mais comum foi a implantação de um talhão de 100 ha em uma propriedade que dispunha de um empregado fixo, com dedicação de 30% do seu tempo à atividade florestal e os 70% restantes às outras atividades na propriedade, de forma que 30% do seu custo anual se referiu à produção florestal. O terreno mais comum para a implantação são terras arenosas em solos concrecionários, bem drenados, profundos, com presença de cascalho pequeno, mas sem camada de impedimento ao crescimento das raízes. A espécie comumente plantada é *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144, vulgarmente conhecido como I144), no espaçamento de 3,3 m entre linhas e 3,0 m entre plantas (densidade de plantio de 1.011 plantas/ha), sob manejo de talhadia com ciclos de 14 anos, sendo duas rotações com idade de corte de sete anos cada.

A forma de comercialização mais comum na região é a madeira entregue no cliente, podendo a biomassa estar em duas formas: i) lenha de “metrinho”, composta por uma tora de eucalipto com comprimento aproximado de 1 m e diâmetro mínimo na ponta fina de 8 cm e ii) cavaco.

As operações executadas na primeira rotação são: **no primeiro ano** - demarcação e abertura de aceiros, análise de solo, combate às formigas no pré-plantio, aplicação de gesso e calcário, subsoagem com adubação de base, dessecação com herbicida pré-emergente, tratamento contra cupins e plantio das mudas, combate às formigas no pós-plantio, replantio, adubação de arranque, controle de mato-competição com herbicida pré-emergente, adubação de cobertura aos 45 dias após o plantio, adubação com boro ao final do período de chuvas e um combate às formigas como manutenção; **no segundo ano** – são realizadas mais duas adubações de cobertura (270 e 330 dias após o plantio); **do segundo ao quarto ano** – são realizadas anualmente as aplicações de boro ao final das chuvas (totalizando quatro aplicações na rotação); **a partir do segundo ano** – são realizados os monitoramentos e combates às formigas e a manutenção dos aceiros do talhão.

A segunda rotação é composta pelas seguintes operações: nova análise de solo para definir a adubação da segunda rotação, combate às formigas no pós-colheita, aplicação de calcário e gesso, primeira seleção de brotos (desbrota), adubação de cobertura pós-desbrota e combate às formigas como manutenção; **no segundo ano** – segunda seleção de brotos e adubação de cobertura aos 300 dias após a primeira seleção de brotos; **do segundo ao sétimo ano** – ação de monitoramento e combate às formigas e manutenção de aceiros.

## Estimativa de produtividade de madeira do modal elaborado

A produtividade relatada pelos participantes do painel foi 510 st/ha no primeiro corte e uma perda de produtividade de aproximadamente 5% na segunda rotação. O fator de conversão relatado foi 1,544 st/m<sup>3</sup> de lenha empilhada. A tabela de volume foi ajustada no software SisEucalipto da Embrapa Florestas, inserindo os dados de densidade de plantio e a parametrização da produção em dois sortimentos, acima de 8 cm de diâmetro na ponta fina, que seria a produção de lenha a ser convertida em st e, abaixo de 8 cm de diâmetro na ponta fina, que seria considerado resíduo na produção de lenha, mas seria considerado como parte do volume na produção do cavaco. Ajustou-se o índice de sítio também no SisEucalipto até que o volume do sortimento de lenha atingisse o valor de 330,3 m<sup>3</sup> (510 st/1,544), chegando-se ao volume total de colheita, aos sete anos, de 344,2 m<sup>3</sup>, com um incremento médio anual (IMA) de 49,17 m<sup>3</sup>/ha ano na primeira rotação. O índice de sítio foi ajustado para que a produção da segunda rotação atingisse 95% da produção da primeira rotação, com um volume de 327 m<sup>3</sup> aos sete anos e um IMA de 46,71 m<sup>3</sup>/ha ano. A estimativa da produção de cavaco foi realizada a partir de estimativa média de densidade básica da madeira da espécie, considerada 520 kg/m<sup>3</sup> e umidade de comercialização de 35% base úmida, gerando uma densidade de comercialização de 800 kg/m<sup>3</sup>. Consequentemente, a produção de cavaco foi 275,36 t, aos sete anos, na primeira rotação e 261,60 t de cavaco, aos sete anos, na segunda rotação, sendo estes valores validados no painel com os produtores. Os dados de volume de produção considerados para o referido sistema modal podem ser observados na Tabela 1.



**Tabela 1.** Estimativa de produção de madeira do talhão modal de eucalipto no município de Cristalina, Goiás.

Rotação	Idade de corte (anos)	Sortimento	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume comercial (st)	Volume comercial (t)
R1	5	Diam>08	210,30	324,71	168,24
R1	5	Ponteira	13,00	-	10,4
R1	6	Diam>08	272,50	420,75	218,0
R1	6	Ponteira	13,50	-	10,8
R1	7	Diam>08	330,30	510,00	264,24
R1	7	Ponteira	13,90	-	11,12
R1	8	Diam>08	382,60	590,75	306,08
R1	8	Ponteira	14,20	-	11,36
R1	9	Diam>08	431,40	666,10	345,12
R1	9	Ponteira	12,50	-	10,0
R1	10	Diam>08	474,50	732,65	379,6
R1	10	Ponteira	11,70	-	9,36
R2	5	Diam>08	195,70	302,17	156,56
R2	5	Ponteira	14,50	-	11,6
R2	6	Diam>08	254,30	392,65	203,44
R2	6	Ponteira	16,80	-	13,44
R2	7	Diam>08	314,40	485,45	251,52
R2	7	Ponteira	12,60	-	10,08
R2	8	Diam>08	365,30	564,04	292,24
R2	8	Ponteira	12,20	-	9,76
R2	9	Diam>08	411,20	634,91	328,96
R2	9	Ponteira	11,80	-	9,44
R2	10	Diam>08	449,30	693,74	359,44
R2	10	Ponteira	14,50	-	11,6

Diam: diâmetro.

Os dados da tabela permitem avaliar a produção esperada em diferentes idades de corte. Trata-se de uma importante ferramenta para auxiliar a tomada de decisão por parte do produtor florestal e que podem influenciar nos retornos obtidos pela floresta.

## Custos silviculturais do sistema de produção modal

Os custos silviculturais do SPM delineado podem ser observados na Tabela 2. Os custos destacados envolvem o pagamento dos serviços terceirizados e os insumos utilizados. As operações manuais são realizadas pelo funcionário da fazenda e, também, por contratação de mão de obra temporária para a execução de tarefas específicas, sendo realizados contratos formais de trabalho por tempos determinados. As mudas foram adquiridas já tratadas contra cupins e fungos pelo viveiro.

A fazenda dispõe de um trabalhador rural que é funcionário permanente, com um salário mensal líquido de R\$ 1.200,00 e com 100% de encargos e custos adicionais (férias, décimo-terceiro salário, seguros, auxílio-família, alojamento, alimentação, transporte, equipamentos de proteção individual, entre outros), mas dedica 30% do seu tempo anual às atividades florestais, resultando em um custo anual a ser incorporado no fluxo de caixa (nos anos de um aos quatorze) de R\$ 8.640,00/ano. A mão de obra deste trabalhador é utilizada em todas as operações silviculturais, sendo exclusiva nas operações de vigilância do talhão, coleta de solo para análise e combate às formigas como manutenção. Para as operações de plantio e de cuidados com a rebrota, são contratados trabalhadores adicionais com contratos por tempos determinados, sendo dois trabalhadores adicionais por dois meses, na época de plantio (ao custo de R\$ 9.600,00) e um trabalhador adicional, no segundo semestre do primeiro ano e no primeiro semestre do segundo ano da segunda rotação (ao custo de R\$ 14.400,00 em cada um dos dois anos).

**Tabela 2.** Custos das operações silviculturais com insumos e serviços (R\$/ha) para o sistema de produção modal de eucalipto do município de Cristalina, Goiás, em 2018.

Operação	Idade do plantio florestal (em anos)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Abertura de aceiros	28,00							
Análise de solo	3,00							
Combate às formigas no pré-plantio	32,00							
Aplicação de calcário	465,00							
Aplicação de gesso	106,67							
Subsolagem com adubação de base	900,00							
Aplicação de herbicida - Dessecação	137,50							
Tratamento das mudas com cupinicida	0,00							
Plantio	414,40							
Combate às formigas no pós-plantio	16,00							
Replantio (15 dias após plantio)	20,22							
Adubação de arranque	144,00							
Controle de mato-competição com pré-emergente	100,00							
Adubação de cobertura (45 dias no pós-plantio)	252,00							
Adubação de cobertura (270 dias no pós-plantio)		360,00						
Adubação de cobertura (330 dias no pós-plantio)		434,00						
Aplicação de boro no final das chuvas	24,26	24,26	24,26	24,26				
Combate às formigas como manutenção	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Manutenção de aceiros		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Análise de solo	3,00							
Combate às formigas no pós-colheita	16,00							
Aplicação de calcário	245,00							
Aplicação de gesso	106,67							
Adubação de cobertura (após 1ª desbrota)	338,00							
Seleção de brotos	0,00	0,00						
Adubação de cobertura (300 dias após rebrota)		194,00						
Combate às formigas como manutenção	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Manutenção de aceiros		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

## Características da colheita e comercialização da madeira

Há duas principais formas de comercialização da madeira na região: i) lenha de “metrinho”, ou seja, toretes de madeira de aproximadamente 1 m de comprimento e diâmetro mínimo de 8 cm na ponta fina e ii) cavaco. Os preços praticados para os produtos na época da pesquisa (2018) foram 66,00 R\$/st para lenha e de 150,00 R\$/t de cavaco entregue no cliente. A distância modal de transporte até o cliente considerada foi 150 km, com um custo unitário de transporte de 25,00 R\$/st para lenha e 60,00 R\$/t para o cavaco. A umidade considerada para a entrega tanto da lenha como do cavaco foi 35%, na base úmida.

A colheita da lenha de “metrinho” é semi-mecanizada, realizada com motosserra, por equipes compostas de um operador e um ajudante. As árvores são derrubadas, traçadas em toretes de 1 m de comprimento e o baldeio até a borda do talhão é realizado por um trator de 70 cv com uma carreta acoplada. Toda a operação tem um custo unitário de 18,00 R\$/st, incluindo o descarregamento da carreta.

A colheita da madeira para cavaco é realizada em um sistema de árvores inteiras de pequena escala, derrubada com motosserra (um operador e um ajudante) e o baldeio realizado por um trator de 70 cv com um mini skidder acoplado, tendo o custo unitário de 12,00 R\$/t (Figura 4). Após secagem na borda do talhão, as toras são picadas ao custo de 30,00 R\$/t (Figura 5). O picador já acondiciona o cavaco no caminhão de transporte no processo de picagem.



Foto: José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

**Figura 4.** Equipamentos para arraste mecanizado de toras de eucalipto utilizados no município de Cristalina, Goiás.



Foto: José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

**Figura 5.** Equipamento utilizado para a picagem da madeira de eucalipto, em talhão comercial no município de Cristalina, Goiás.

Na busca por melhores condições de negociações, os produtores da região montaram uma cooperativa para realizar a comercialização da madeira e auxiliar na parte financeira das operações, com assessoria contábil e emissões das notas fiscais das produções dos cooperados. A cooperativa também organiza o serviço de picagem da madeira e o transporte do cavaco, quando esta é a opção de comercialização realizada. A manutenção da cooperativa é realizada sob a forma de uma remuneração pela comercialização do produto, no valor de 3,50 R\$/st para a lenha e 4,50 R\$/t para o cavaco, em 2018.

Em 2018, no momento de realização do painel, os preços estavam começando a apresentar uma leve tendência de alta, principalmente devido ao reaquecimento da indústria siderúrgica na região de Minas Gerais, reduzindo a vinda de madeira deste estado e, conseqüentemente, também a oferta de madeira para os consumidores da região.

## Outros custos incidentes sobre a produção florestal

O custo de oportunidade do arrendamento anual da terra foi 400,00 R\$/ha e a taxa mínima de atratividade real utilizada nas análises financeiras como remuneração do capital próprio foi 4,0% ao ano. Os impostos sobre a produção foram o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), igual a 3,0005% do valor da receita bruta obtida e o Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural (Funrural), sendo 1,5% do resultado da receita bruta, subtraídos os custos de comercialização e o ICMS. O Imposto de Renda de Pessoa Física (IRPF) calculado levou em consideração a tabela anual para cálculo de IRPF válida desde 2017 (Receita Federal, 2018a), sendo a base de cálculo para o imposto o menor entre dois valores: o lucro operacional obtido no ano de colheita adicionado o prejuízo do ano anterior ou 20% da receita bruta obtida no ano, a título de lucro presumido (Receita Federal, 2018b).

## Análise de cenários

Com o objetivo de analisar o impacto de algumas variáveis de custo na rentabilidade da atividade, foram analisadas múltiplas combinações de custos e de preços selecionados, resultando em 16 cenários para cada uma das duas formas de comercialização do sistema de produção. As variáveis analisadas e seus respectivos valores podem ser observados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Variáveis utilizadas na análise de cenários do sistema de produção modal de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

Arrendamento anual (R\$/ha)	Preço entregue no cliente (R\$/st)		TMA real (% a.a.)
	Lenha	Cavaco	
300,00	60,00	140,00	2,0
400,00	66,00	150,00	4,0
-	70,00	160,00	6,0
-	80,00	170,00	8,0

TMA real: taxa mínima de atratividade real e a.a: ao ano.

## Alteração da idade de corte do sistema de produção modal

A análise de viabilidade financeira foi realizada com o fluxo de caixa do regime modal de produção. Entretanto, a idade ótima de corte varia conforme a condição de crescimento da floresta e os custos e receitas esperadas no sistema de produção, e consistem em uma das estratégias de planejamento disponíveis para o gestor florestal buscar maximizar a obtenção de benefícios do seu ativo florestal (Clutter et al., 1983). No intuito de observar qual seria a idade de corte que permitiria maximizar o retorno econômico da floresta modal analisada, com as condições de manutenção dos pressupostos adotados no cenário modal (fluxo de caixa a preços constantes para custos e receitas, crescimento da produção segundo a Tabela 1), foram analisados regimes de manejo com um e dois



cortes (rotações), no mesmo ciclo de produção, com idades de cada corte variando de cinco a dez anos no corte raso, resultando em 42 regimes de manejo analisados.

Vale salientar que diferentes materiais genéticos de locais distintos de produção e submetidos a um determinado conjunto de técnicas silviculturais obtêm, além de produtividades diferentes, distintas curvas de crescimento da floresta que, embora tenham um mesmo padrão de comportamento, podem apresentar distintas idades ótimas de corte, sendo o ideal o ajuste das curvas (tabelas) de crescimento de cada povoamento, por meio do inventário florestal, e a inserção das funções ajustadas no simulador do SisEucalipto, para obter resultados mais representativos da realidade local. Entretanto, utilizar as funções de crescimento padrão do software, ajustando o índice de sítio para a produtividade local como realizado, já retrata o seu potencial para auxiliar o produtor florestal na tomada de decisão que aumente a competitividade do plantio florestal.

## Indicadores de viabilidade econômica

A viabilidade econômica dos sistemas de produção foi avaliada pelos indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE), Valor Esperado da Terra (VET), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Benefício/Custo (B/C) e Custo Médio de Produção (CMP<sub>r</sub>) (Rezende; Oliveira, 2001).

## Análise de viabilidade econômica

### Modal com colheita semimecanizada e carregamento manual (lenha de metro)

#### Cenário modal

O resultado da análise de viabilidade econômica para a comercialização da lenha de “metrinho” entregue a 150 km de distância pode ser observada na Tabela 4, e a Figura 21 contida nos Apêndices apresenta o seu fluxo de caixa detalhado.

**Tabela 4.** Viabilidade econômica do sistema de produção modal de lenha de “metrinho” de eucalipto no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

Indicadores financeiros	Com terra		Sem terra	
	Total	Por ha	Total	Por ha
VPL (R\$/ha)	- 105.263,54	- 1.052,64	317.261,38	3.172,61
VAE (R\$/ha ano)	- 9.965,19	- 99,65	30.034,81	300,35
TIR (% a.a.)	1,85%	-	-	-
B/C	0,9767	-	-	-
VPL Infinito (R\$/ha)	- 249.129,78	- 2.491,30	-	-
VET (R\$/ha)	-	-	750.870,22	7.508,70

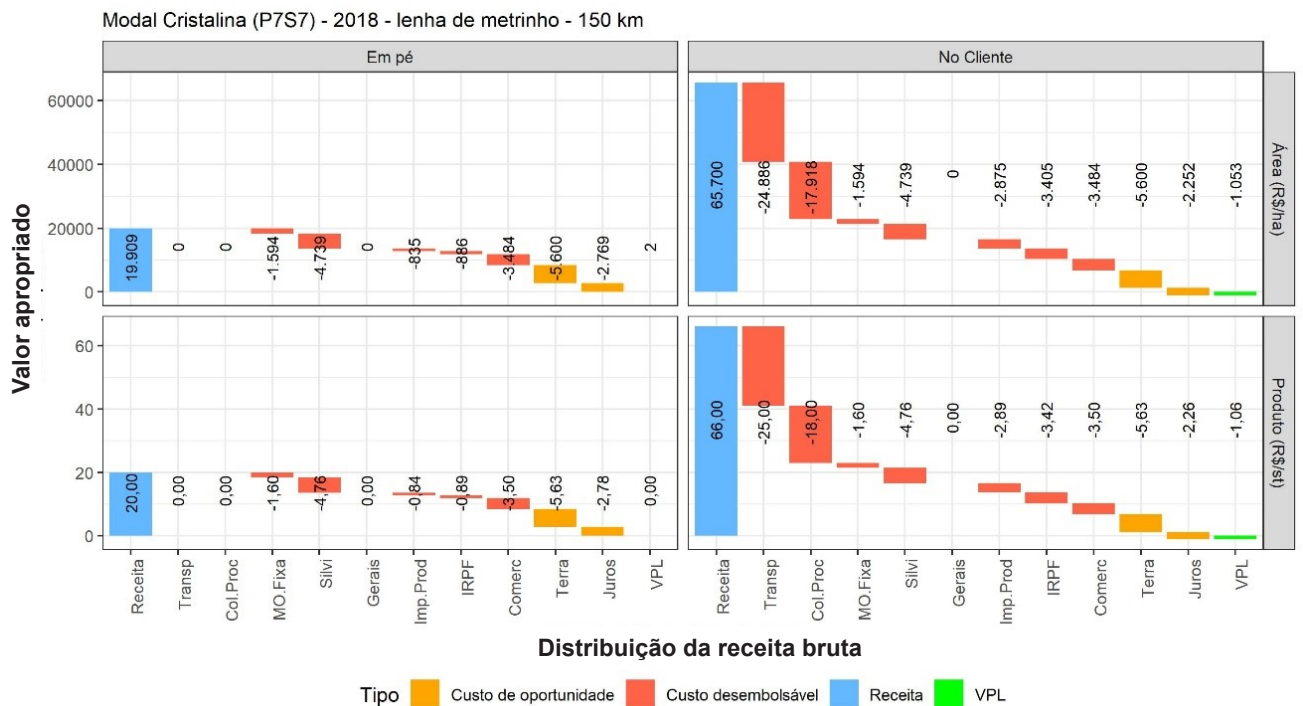
O resultado apresentado demonstra que o sistema de produção analisado com a comercialização de lenha de “metrinho” no valor de 66,00 R\$/st, para ser entregue a um local distante 150 km, não gera receita suficiente para remunerar todos os fatores envolvidos na sua produção e comercialização. Desconsiderando-se o custo do capital ( $TMA=0,00\%$ ) e o arrendamento da terra própria (custo de arrendamento = 0,00 R\$/ha ano) na análise, ou seja, não remunerando os fatores de produção pertencentes ao produtor, mas apenas os custos desembolsáveis (insumos, salários, serviços e impostos), o sistema de produção gera um resultado presente líquido de 6.799,34 R\$/ha ao final do ciclo de 14 anos, resultando em 485,67 R\$/ha ao ano. Isto significa que o produtor consegue pagar suas contas, mas sai empobrecido ao final do investimento, de forma que o cenário analisado resulta na inviabilidade econômica do sistema de produção. Caso o produtor não tivesse optado por este sistema de produção e investido seus recursos próprios (terra e capital) em outra atividade, a qual remunerasse o seu custo de oportunidade, um melhor resultado líquido poderia ser obtido do que aquele realizando o investimento no cenário analisado.

O sistema modal analisado conseguiria ser viável ( $VPL=0$ ) se remunerasse o capital em até 1,85% ao ano acima da inflação (TIR real) ou se remunerasse a terra em até 300,35 R\$/ha ano (VAE sem terra). O Custo Médio de Produção (CMP), o qual representa o preço a ser recebido pelo produto para que o sistema de produção remunere todos os fatores de produção utilizados e ainda seja viável economicamente ( $VPL=0$ ), foi 19,996 R\$/st em pé e 67,75 R\$/st entregue no cliente a 150 km de distância, ou seja, 1,75 R\$/st superior ao preço modal praticado no momento de coleta dos dados. Como o projeto não gerou receita suficiente para remunerar todos os fatores de produção utilizados, o investidor teria um prejuízo de 2,33 centavos para cada real investido no sistema de produção no cenário modal. Caso o projeto seja repetido infinitamente sob as mesmas condições, o investidor terá uma redução de 2.491,30 R\$/ha no seu patrimônio ( $VPL$  infinito), e o valor máximo que poderia ser pago pela terra, para que o projeto permanecesse viável ao longo de infinitos ciclos de produção, seria 7.508,70 R\$/ha (VET).

A Figura 6 apresenta a apropriação da receita (valores presentes) obtida ao longo do sistema de produção, para auxiliar a compreensão sobre a proporção da receita que é utilizada para remunerar cada etapa/fatores de produção, no sistema modal.

Ao observar a Figura 6, é possível perceber a participação da apropriação do custo de colheita e de transporte no valor da receita bruta (65%). Outro ponto que chama atenção é que o resultado líquido (VPL) por unidade de produto é -1,06 R\$/st, dando a falsa impressão de que um aumento no preço de 1,06 R\$/st igualaria o VPL a zero. Entretanto, para alcançar o custo médio de produção, seria necessário um aumento de 1,75 R\$/st, devido ao aumento dos custos com impostos e juros sobre o capital próprio decorrente do aumento na receita bruta que a complementação de preço ocasionaria, sendo a diferença do VPL insuficiente para tornar o sistema de produção economicamente viável no cenário apresentado.

O custo de juros da comercialização da lenha em pé é menor que o custo de juros da comercialização da lenha entregue no cliente (Figura 6). Isto se deve ao menor saldo positivo no momento da colheita da madeira, na opção de comercialização entregue no cliente (16,69 R\$/st frente à 18,27 R\$/st em pé), o que leva a um valor absoluto menor de desconto da TMA na receita do fluxo de caixa, resultando em um valor menor de juros pagos. A queda no valor líquido deve-se ao aumento do montante pago de impostos (ICMS, Funrural e IRPF) na opção de comercialização entregue no cliente.



**Figura 6.** Apropriação da receita bruta pelos fatores de produção da lenha de “metrinho”, no sistema de produção modal de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

## Cenários alternativos

A alteração da apropriação da receita bruta pelos fatores de produção do sistema modal nos cenários alternativos de remuneração do capital (TMA) e o preço da lenha com um custo de arrendamento de 400,00 R\$/ha ano podem ser observados na Figura 7 e, com um custo de arrendamento de 300,00 R\$/ha ano, na Figura 8.

A Figura 7 evidencia que o custo com juros aumenta com a elevação da taxa de desconto e com o acréscimo de preço do produto em relação ao cenário modal. Observa-se que todos os cenários são financeiramente viáveis ( $VPL > 0$ ), com um preço pago no cliente a partir de 70,00 R\$/st e que os custos com impostos, tanto de renda como sobre a produção, aumentam com a elevação do preço do produto.

A variação no custo de oportunidade anual da terra (dado pelo custo de arrendamento) não altera o valor da receita bruta e dos impostos pagos na produção (Figura 8). O imposto de renda também não se altera devido a terra pertencer ao produtor, sendo este um custo de oportunidade, não sendo considerado para fins de cálculo do imposto. Entretanto, os valores de remuneração da terra e de juros sobre o capital próprio se alteram, modificando o resultado do projeto.

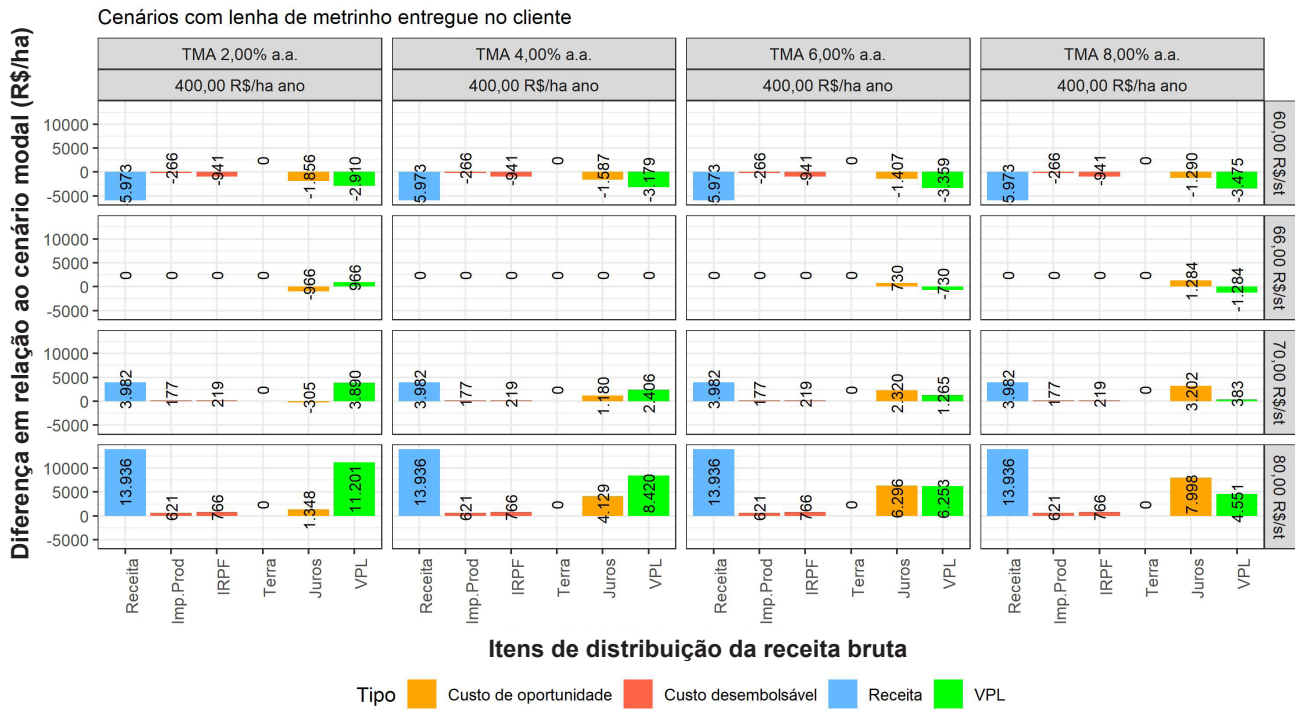


Figura 7. Diferença do resultado dos cenários alternativos com arrendamento de R\$ 400,00/ha ano em relação ao cenário modal de produção de eucalypto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

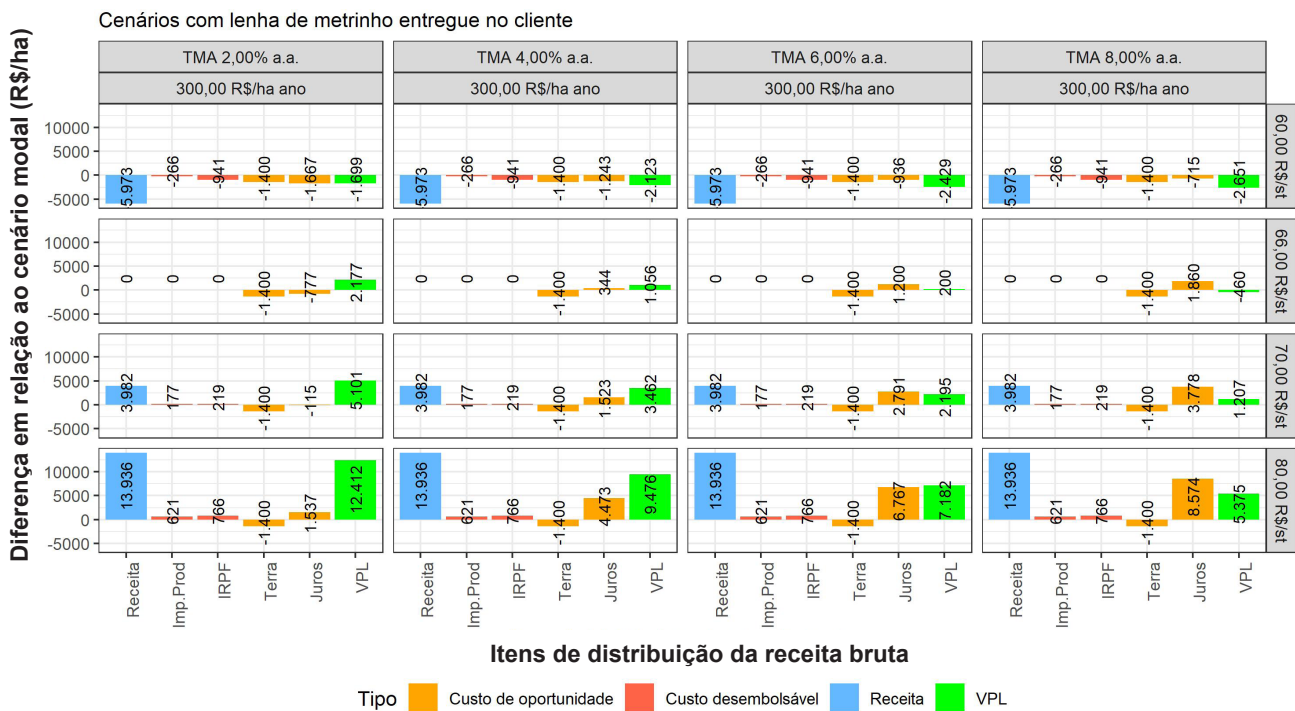
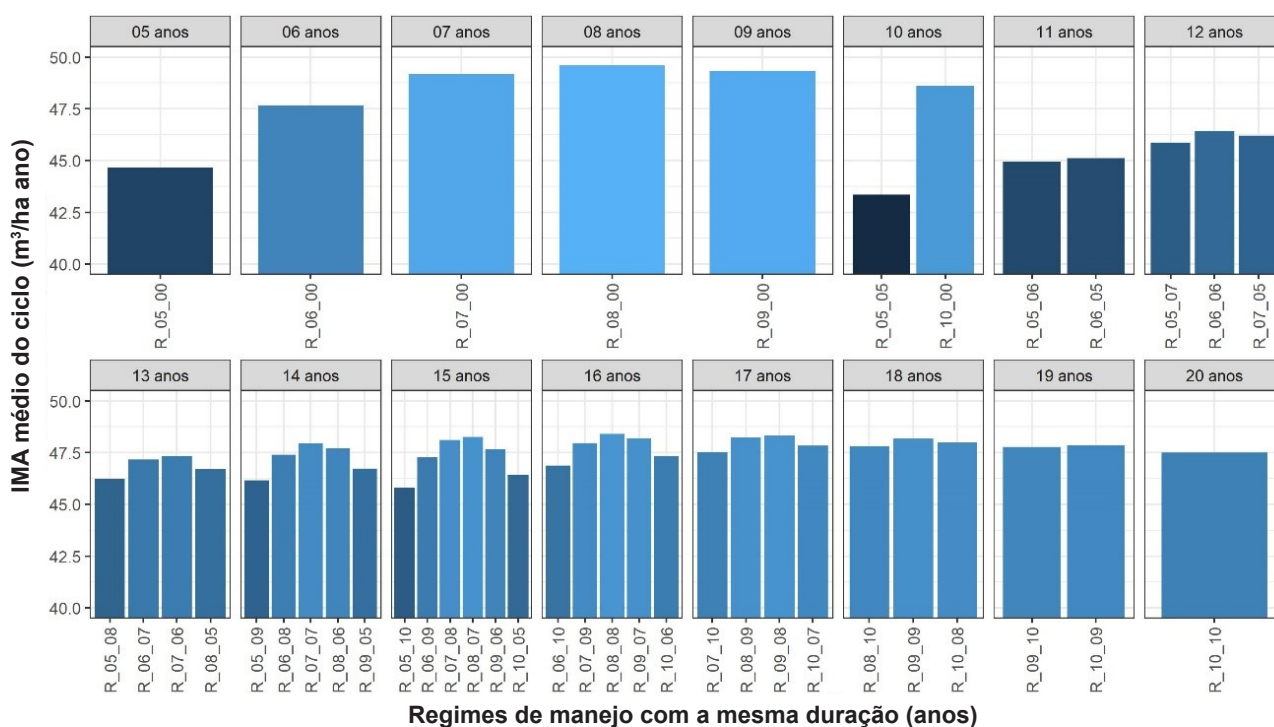


Figura 8. Diferença do resultado dos cenários alternativos com arrendamento de R\$ 300,00/ha ano em relação ao cenário modal de eucalypto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

## Alteração no regime de manejo

A produtividade média, dada pelo incremento médio anual das rotações do ciclo de produção considerado, pode ser observada na Figura 9. Os regimes de manejo foram agrupados pela mesma duração de ciclo de produção. Como exemplo, considerando um ciclo de 16 anos de duração, existem cinco regimes de manejo: o 1º regime com o primeiro corte aos seis anos e o segundo corte aos dez anos de idade (R\_06\_10) e o 5º com o primeiro corte aos dez anos e o segundo corte aos seis anos de idade (R\_10\_06). Assim, a simbologia (R\_06\_10) representa: R = Regime, 06 = idade do primeiro corte; e 10 = idade do segundo corte.

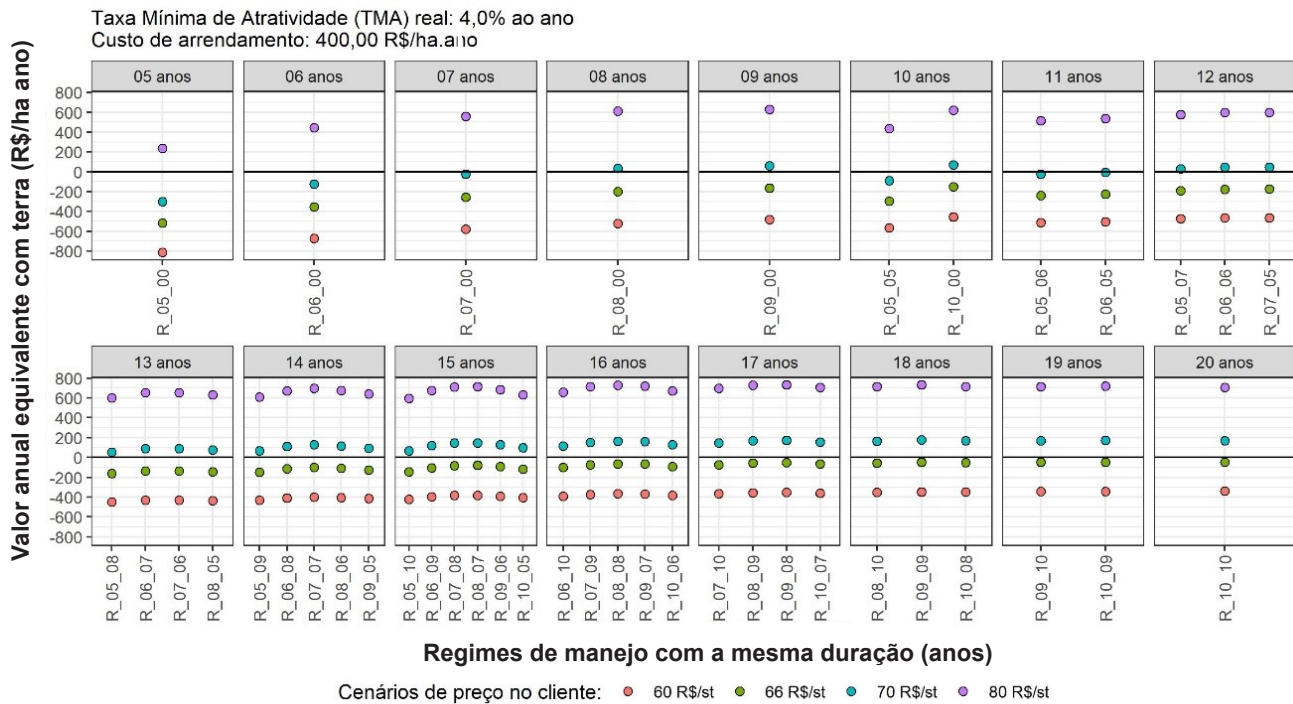


**Figura 9.** Produtividade média de madeira de eucalipto do ciclo de produção dos diferentes regimes de manejo de eucalipto considerados no município de Cristalina, Goiás.

Os regimes de manejo que terminam com 00 no segundo corte possuem apenas uma rotação no ciclo (R\_05\_00 a R\_10\_00). A produtividade média dos ciclos analisados variou de 43,35 m³/ha ano a 49,60 m³/ha ano, indicando que a quantidade de terra alocada em um plantio perfeitamente ordenado (mesma produção anual), para se obter 10.000 m³ de madeira por ano, poderia variar de 201,61 ha a 230,68 ha, ou seja, uma variação de 14,4% dependendo apenas do regime de manejo adotado.

Entretanto, a idade tecnicamente ótima de corte (sendo aquela onde a máxima produtividade é obtida) pode não coincidir com a idade economicamente ótima de corte, dada pelo regime de manejo com maior Valor Esperado da Terra (VET) ou Valor Anual Equivalente com terra (VAEct), uma vez que ambos indicadores podem ser utilizados para comparar projetos com períodos de duração de tempo diferentes (Klemperer, 1996).





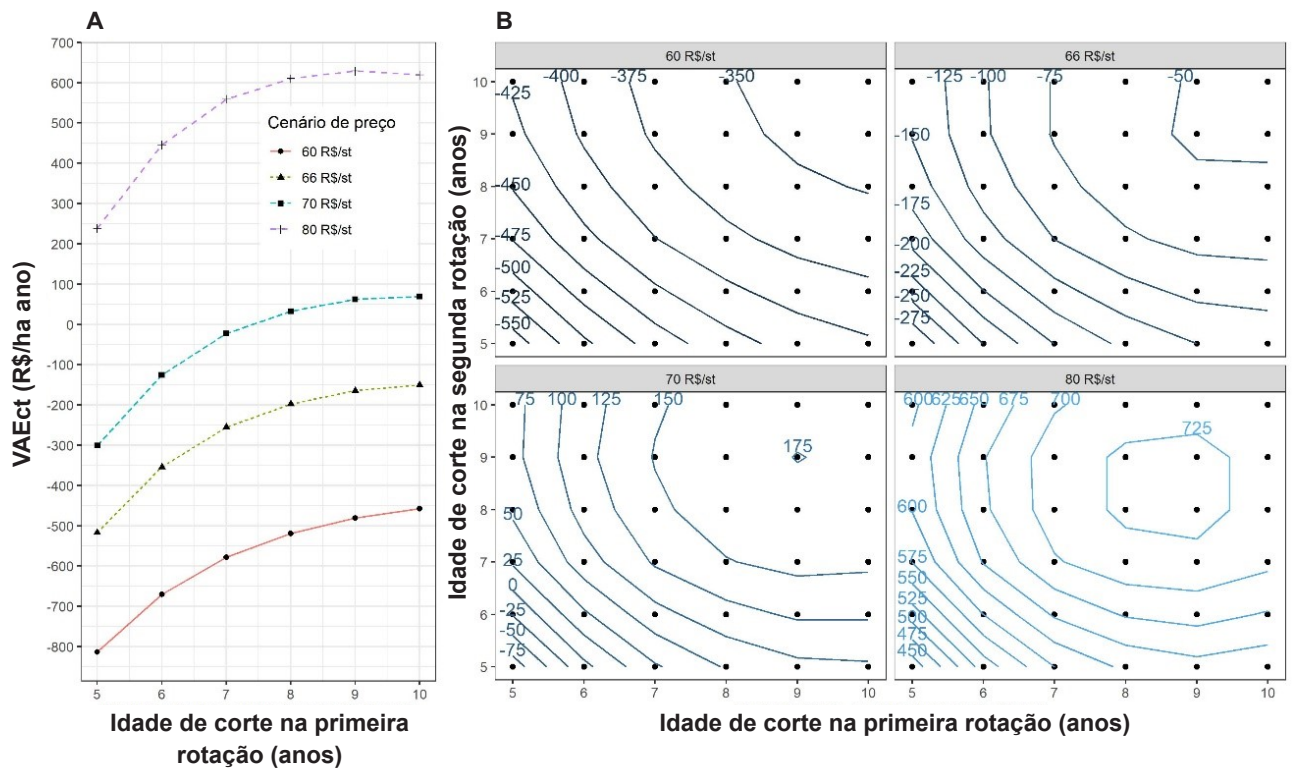
**Figura 10.** Valor Anual Equivalente com remuneração da terra (VAEct) para os regimes de manejo de eucalipto nos cenários de preços analisados, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

A Figura 10 apresenta o resultado do Valor Anual Equivalente com a remuneração da terra (VAEct), para os regimes de manejo analisados, nos quatro cenários de preços considerados. Os regimes de manejo mais longos foram aqueles que apresentaram os melhores resultados de viabilidade financeira pelo VAEct, para o cenário com o preço modal (66,00 R\$/st). Isto decorre devido ao elevado custo total de produção, dado principalmente pela distância de transporte da madeira ao cliente. Embora nenhum dos regimes de manejo tenha se mostrado financeiramente viável (VAEct ≥ 0) neste cenário, o resultado final variou de -517,07 R\$/ha ano a -46,76 R\$/ha ano, indicando o potencial que a escolha do melhor regime de manejo tem ao contribuir com a viabilidade financeira do sistema de produção, devendo ser avaliado para cada situação.

Nos cenários de preço a 70,00 R\$/st, 36 dos 42 regimes de manejo foram economicamente viáveis e todos os regimes foram economicamente viáveis no cenário de preço de 80,00 R\$/st.

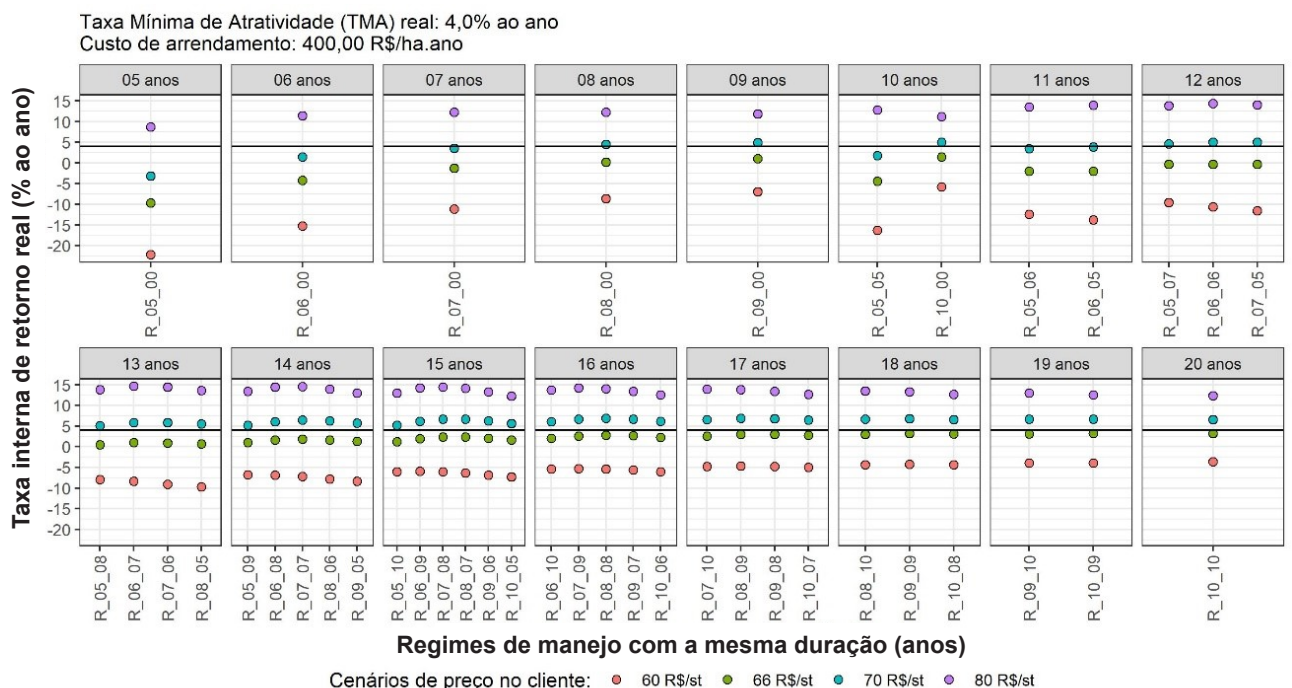
A Figura 11 apresenta o resultado do VAEct separando os ciclos de produção com uma rotação (Figura 11(a)) e com duas rotações (Figura 11(b)). Os regimes de manejo com melhor VAEct foram aqueles de maior idade para os dois cenários de menor preço, nos ciclos com duas rotações. A idade economicamente ótima de corte foi antecipada à medida que o sistema de produção passava para cenários mais rentáveis (cenários com preços de 70,00 R\$/st e 80,00 R\$/st).

Três dos seis regimes de manejo com uma rotação, avaliados no cenário de 70,00 R\$/st, foram economicamente viáveis, assim como 33 dos 36 regimes com duas rotações. Ao observar o cenário de 70,00 R\$/st, o regime economicamente ótimo foi o R\_09\_09, com VAEct na faixa de 175,00 R\$/ha ano. Outros 11 regimes de manejo com duas rotações atingiram valores entre 150,00 R\$/ha ano e 175,00 R\$/ha ano, sendo que 22 dos 36 regimes de manejo com duas rotações alcançaram resultados de VAEct acima de 100,00 R\$/ha ano, demonstrando importantes oscilações da rentabilidade da cultura florestal diante das opções de regime de manejo consideradas.



**Figura 11.** Evolução do Valor Anual Equivalente com terra nos diferentes cenários de preço, para ciclos de uma e duas rotações com eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

O comportamento da TIR nos diferentes cenários de preço difere em algumas situações do comportamento do VAEct (Figura 12). Os regimes economicamente ótimos, pela ótica da TIR para os cenários de preços baixos e medianos, são os regimes com maior duração. Entretanto, os melhores regimes são aqueles de duração intermediária para cenários com elevada rentabilidade.



**Figura 12.** Taxa Interna de Retorno (TIR) real para os regimes de manejo de eucalipto nos cenários de preço analisados, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.



Outro aspecto que chama atenção é a reduzida variação do indicador em cenários positivos de preço, quando comparado com a maior amplitude do mesmo em cenários de preços desfavoráveis. A TIR variou de -4% até 3% (amplitude de 7%) ao ano nos regimes com duas rotações no cenário de preço modal (66,00 R\$/st) e de 12% a 14% (amplitude de 2%) no cenário com preço de 80,00 R\$/st, demonstrando a estabilidade do indicador em relação aos diferentes regimes de manejo, em situações de lucratividade favorável e a sua elevada amplitude em situações desfavoráveis (Figura 13).

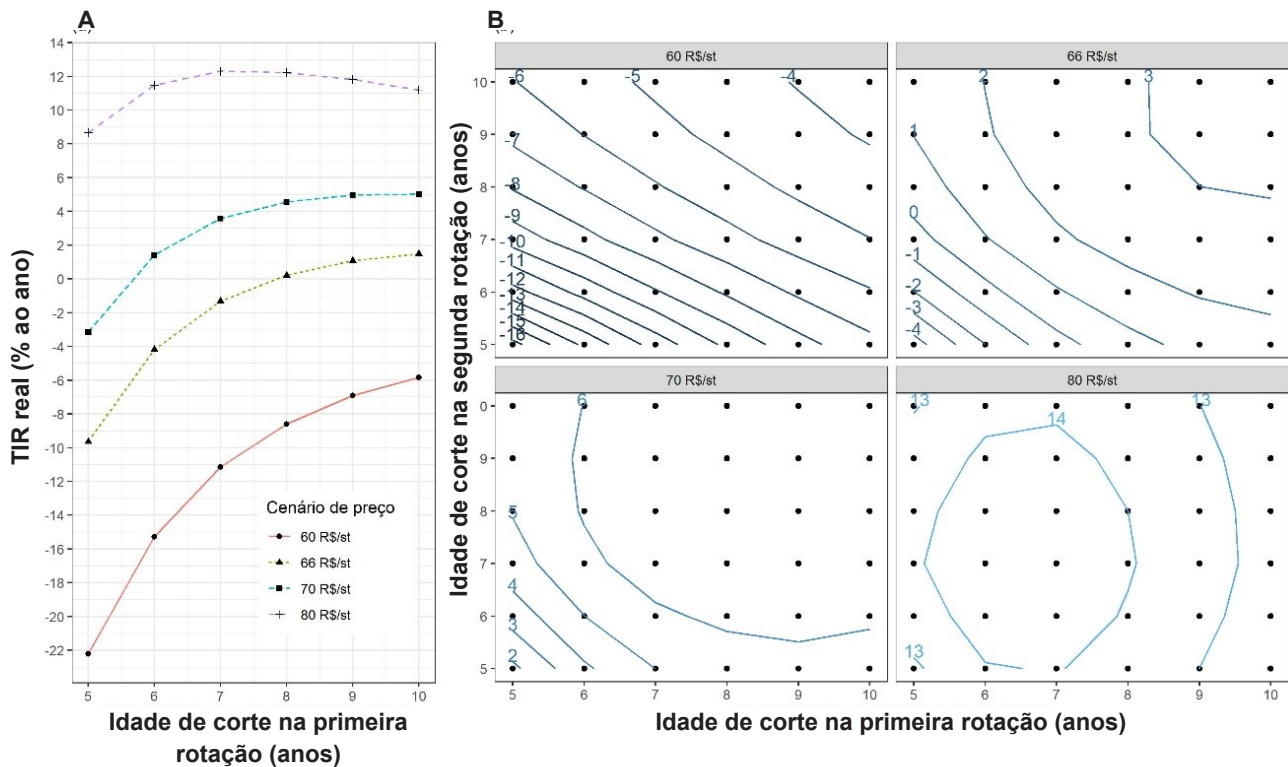


Figura 13. Evolução da Taxa Interna de Retorno (TIR) nos diferentes cenários de preços, para ciclos de uma e duas rotações com eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

## Modal com colheita mecanizada e picagem da madeira no campo (cavaco)

### Cenário modal

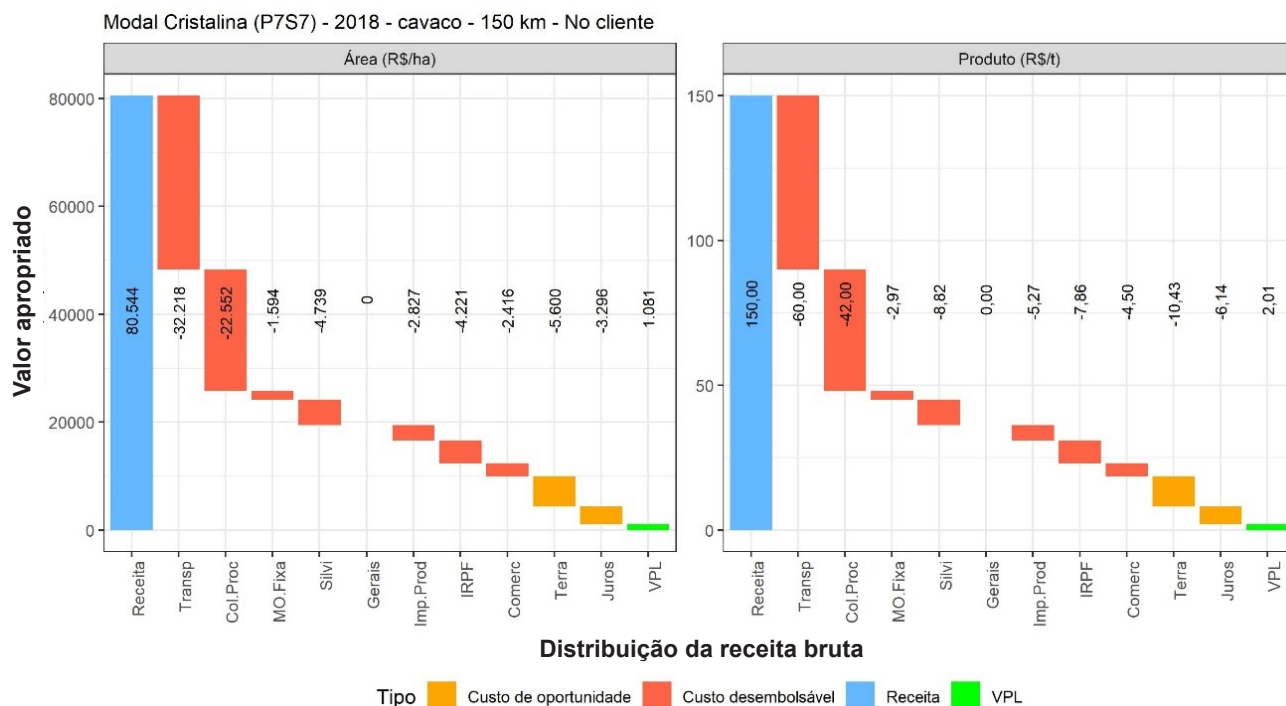
O resultado da análise de viabilidade econômica para o cenário modal de comercialização do cavaco entregue a 150 km de distância é apresentado na Tabela 5. A Figura 22, contida nos Apêndices, apresenta o seu fluxo de caixa detalhado.

Tabela 5. Viabilidade econômica do sistema modal de cavaco de eucalipto no município de Cristalina, Goiás.

Indicadores financeiros	Com terra		Sem terra	
	Total	Por hectare	Total	Por hectare
VPL (R\$)	108.074,21	1.080,74	530.559,13	5.305,99
VAE (R\$/ano)	10.231,27	102,31	50.231,27	502,31
TIR (% a.a.)	5,97	-	-	-
B/C	1,0204	-	-	-
VPL Infinito (R\$)	255.781,86	2.557,82	-	-
VET (R\$)	-	-	1.255.781,86	12.557,82

O sistema modal de produção de cavaco ao preço de 150,00 R\$/t gerou receita suficiente para remunerar todos os fatores de produção utilizados e aumentar o patrimônio do investidor em 1.080,74 R\$/ha (valores presentes), após os 14 anos de duração do projeto. Esse modal conseguiria, ainda, remunerar o arrendamento da terra em até 502,31 R\$/ha ano (VAE sem terra) ou o capital investido, a uma taxa de 5,97% ao ano (TIR) e ainda ser economicamente viável (VPL=0). O Custo Médio de Produção (CMP) do sistema, que representa o preço a ser recebido pelo produtor para que o sistema de produção remunere todos os fatores de produção utilizados e que, ainda, seja economicamente viável, foi 146,67 R\$/t. Para cada real investido no sistema de produção no cenário modal, o produtor obtém 2,04 centavos de real. Caso o projeto seja repetido infinitamente sob as mesmas condições, o investidor terá um aumento de 2.557,82 R\$/ha no seu patrimônio (VPL infinito), e o valor máximo que poderia ser pago pela terra, para que o projeto permanecesse viável ao longo de infinitos ciclos de produção, seria 12.557,82 R\$/ha (VET).

A Figura 14 apresenta a apropriação da receita bruta pelos fatores de produção/etapas do sistema de produção. No mesmo padrão do sistema de produção de lenha de “metrinho”, o transporte e a colheita de cavacos foram as operações que mais se apropriaram da receita bruta, chegando a mais de dois terços do total (40% e 28%, respectivamente).



**Figura 14.** Apropriação da receita bruta pelos fatores de produção de cavaco de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, 2018.

Os custos de silvicultura, mão de obra e custo de oportunidade da terra são idênticos nos dois modais de produção, mas como o saldo monetário da produção de cavaco foi maior que o de lenha de “metrinho”, o custo de juros sobre o capital próprio também foi superior. O custo de impostos sobre a produção foi levemente menor, uma vez que mesmo o ICMS pago sendo maior (calculado sobre a receita bruta), o valor da nota fiscal emitida pela cooperativa pelos serviços de colheita, processamento e transporte do cavaco são descontados da base de cálculo do Funnrural, resultando em um nível menor de pagamento de imposto sobre a produção.

### Cenários alternativos

O resultado do VAect do sistema de produção de cavaco nos cenários alternativos de preço e TMA real para um custo anual de arrendamento da terra de 400,00 R\$/ha ano pode ser observado na Figura 15, e o de 300,00 R\$/ha ano na Figura 16.

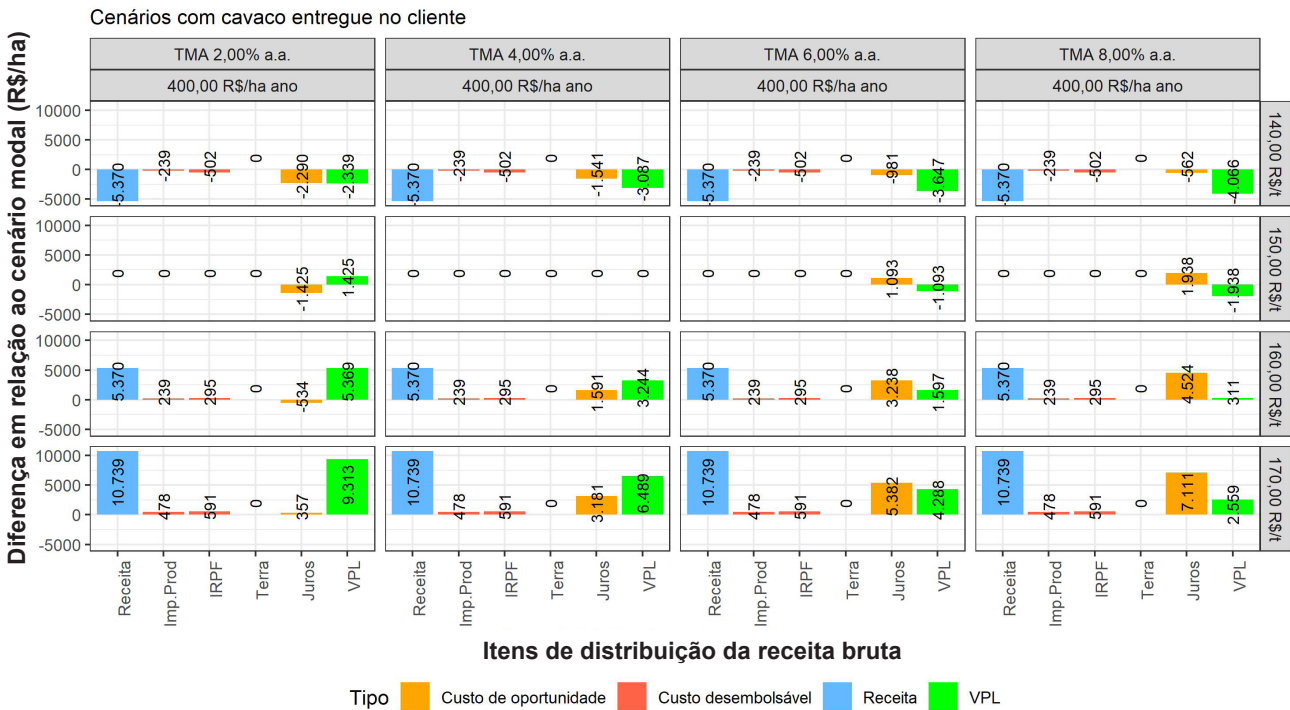


Figura 15. Diferenças dos resultados nos cenários alternativos com arrendamento de 400,00 R\$/há ano em relação ao cenário modal de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

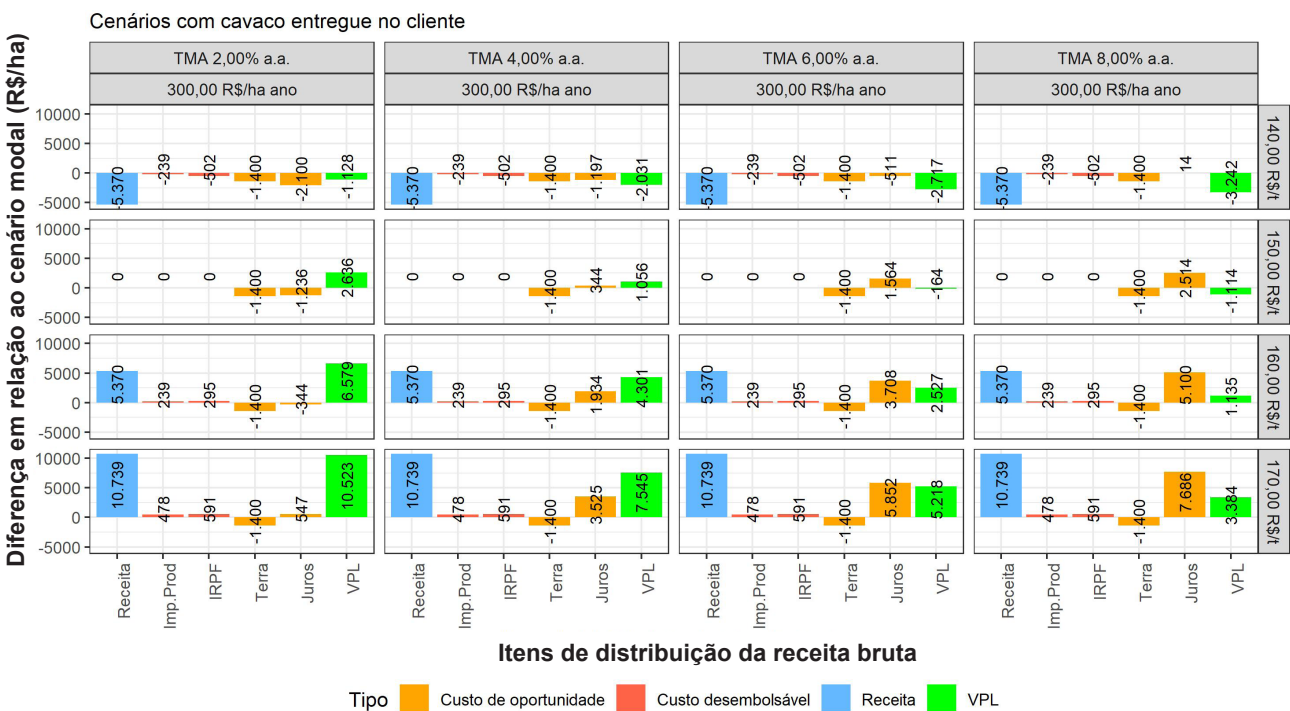


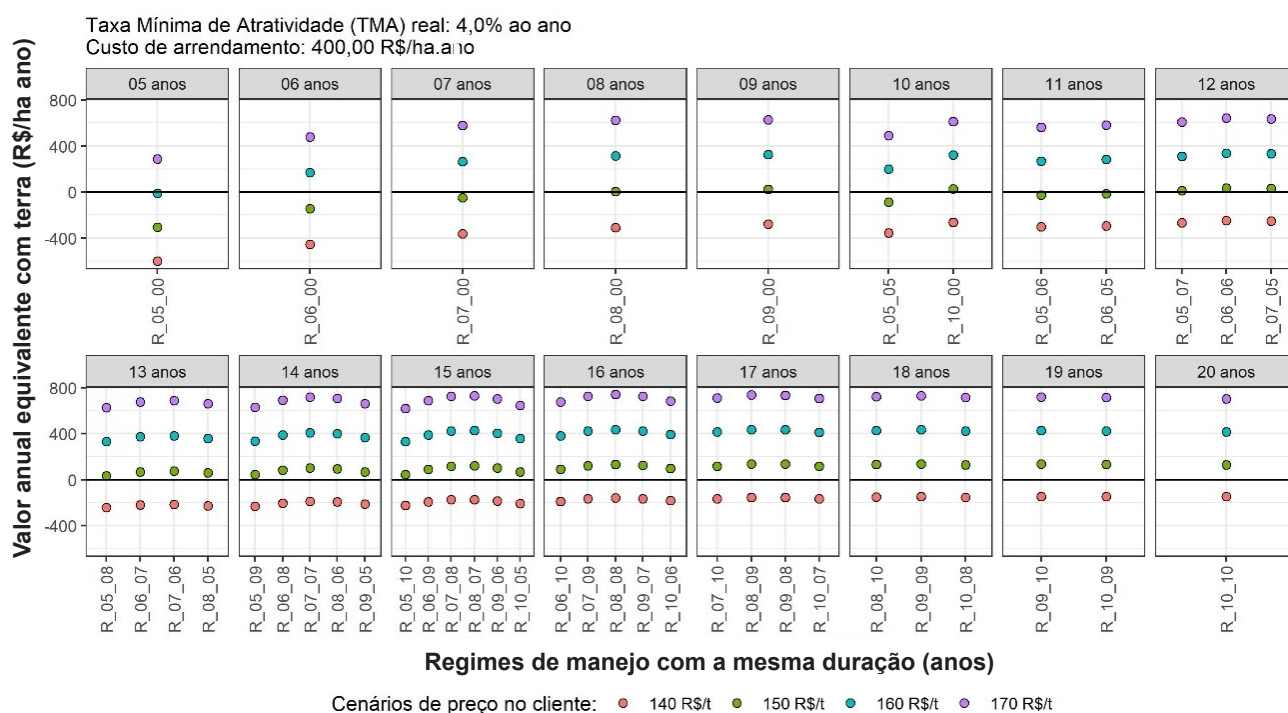
Figura 16. Diferenças dos resultados dos cenários alternativos com arrendamento de 300,00 R\$/ha ano em relação ao cenário modal de produção de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

A análise dos cenários alternativos permite verificar o impacto que o aumento da TMA exerce sobre o custo de juros do capital próprio no sistema de produção e que, com preços a partir de 160,00 R\$/t, as alterações nos valores de preços realizadas em todos os modais acarretam aumento no resultado final do VAECT do sistema (diferença  $\geq 0$ ) em todos os cenários de TMA avaliados com o custo de arrendamento da terra de 400,00 R\$/ha ano.

Em comparação ao cenário modal, a redução no custo de arrendamento da terra diminui o montante do valor pago pela terra, mas eleva o montante pago de juros sobre o capital próprio, ao aumentar o saldo do fluxo de caixa (cenário com 300,00 R\$/ha ano, TMA 4,00% e preço de 150,00 R\$/t). Como o aumento do custo de juros é menor que a economia gerada pela remuneração da terra, o resultado é um aumento do VAECT no referido cenário.

### Alteração no regime de manejo

O resultado do VAECT para o sistema de produção de cavaco, sob diferentes regimes de manejo, pode ser observado na Figura 17. No cenário de preço modal (150,00 R\$/t), 36 regimes de manejo foram economicamente viáveis (do total de 42), incluindo o regime modal (R\_07\_07).



**Figura 17.** Valor Anual Equivalente com remuneração da terra (VAECT) para cada um dos regimes de manejo de eucalipto, nos cenários de preço de cavaco analisados no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

Os regimes de manejo com maior retorno econômico no cenário de preço modal foram aqueles de duração mais longa (Figura 18). Percebe-se que, à medida que o cenário de produção se torna mais lucrativo (preços mais elevados), os regimes de manejo com melhor retorno econômico (pelo VAECT) passam a ser aqueles com duas rotações por ciclo com duração mediana à longa (16 a 18 anos).



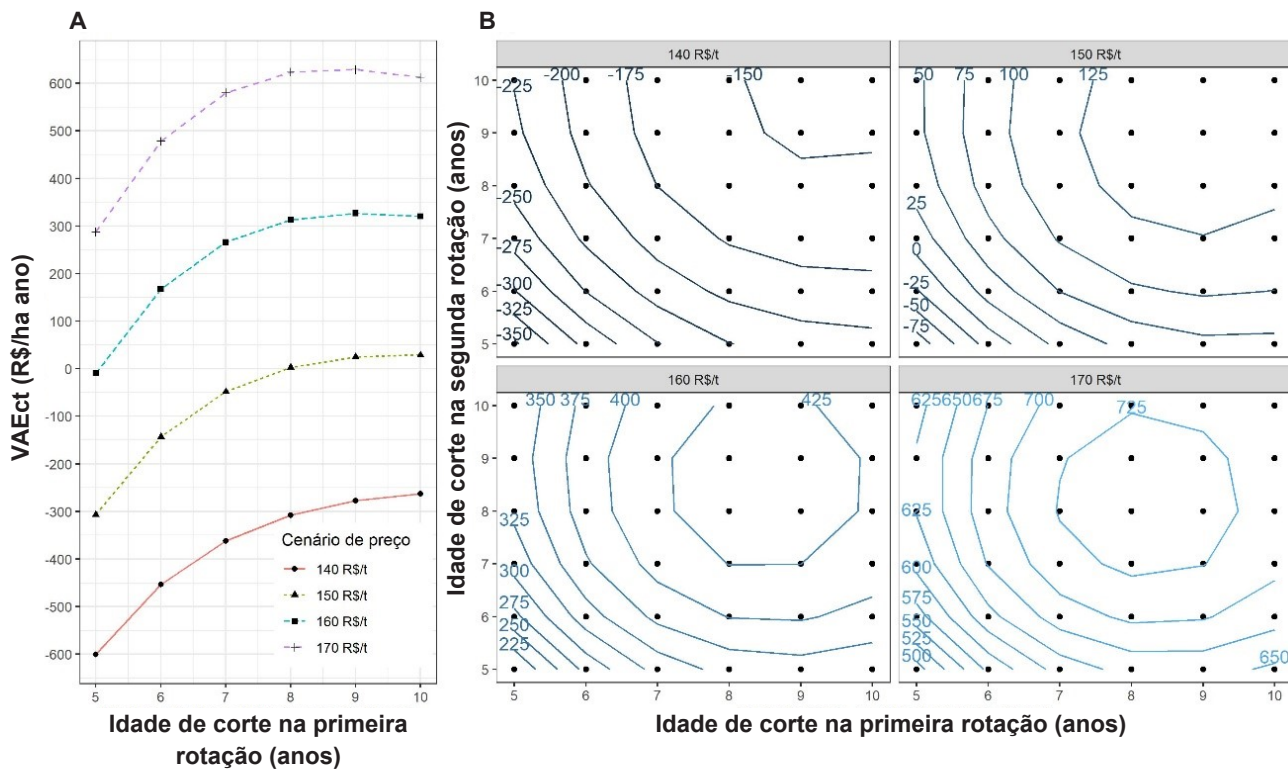


Figura 18. Evolução do Valor Anual Equivalente com terra nos diferentes cenários de preço de cavaco, para ciclos de uma e duas rotações de eucalipto, no município de Cristalina, Goiás.

Assim como ocorreram nos cenários com diferentes regimes de manejo para lenha de “metrinho”, os regimes economicamente ótimos selecionados pelo VAEct não necessariamente são os mesmos quando selecionados pela TIR (Figura 19).

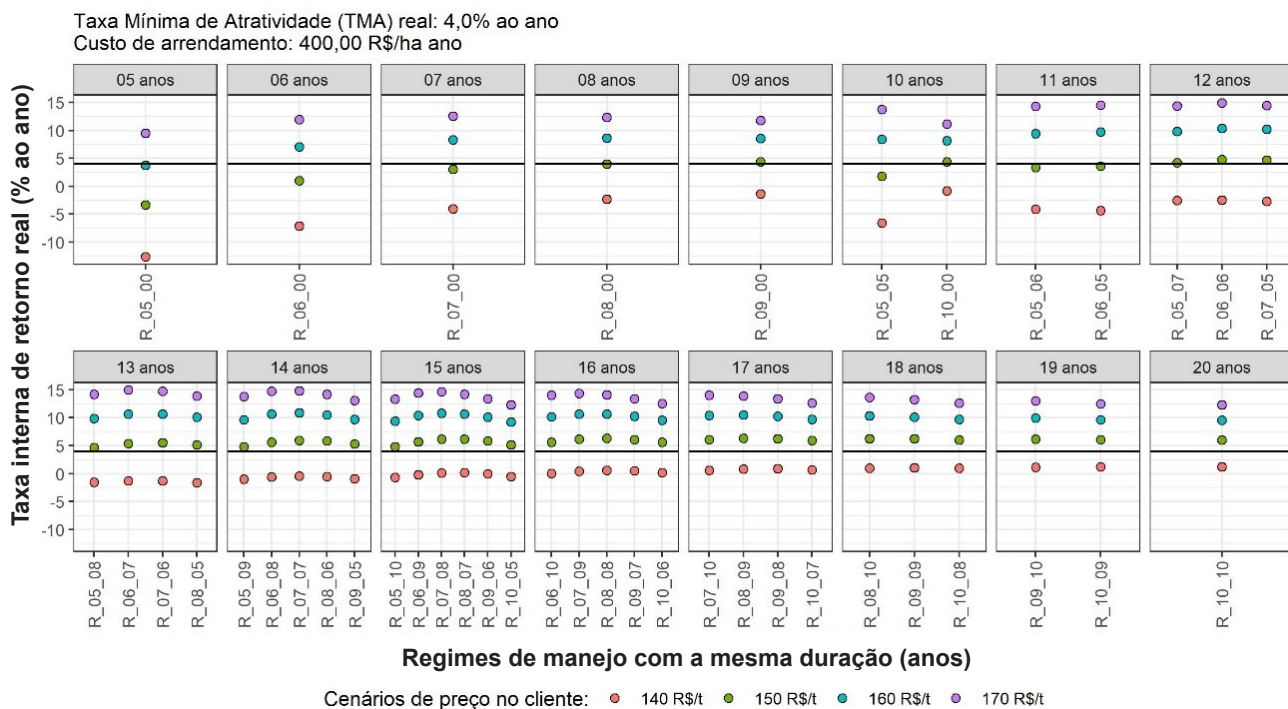
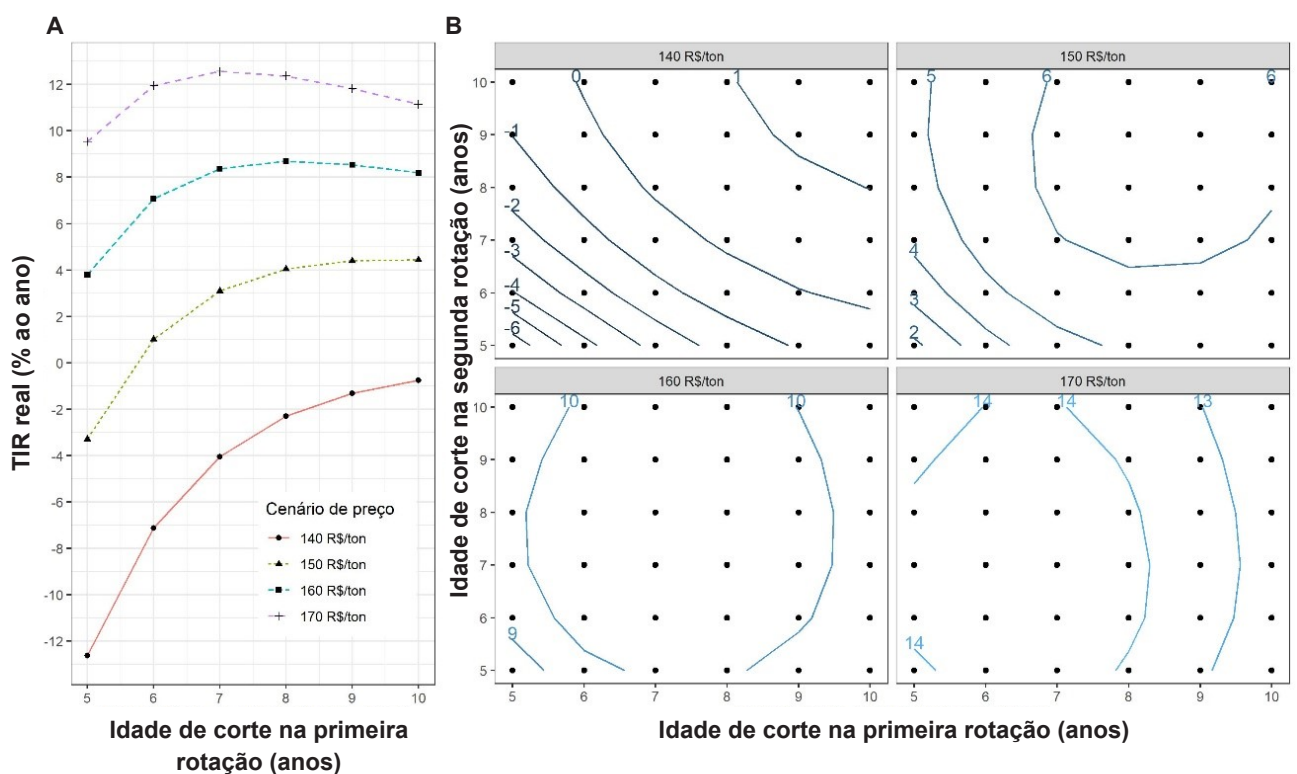


Figura 19. Taxa Interna de Retorno (TIR) real para cada um dos regimes de manejo de eucalipto, nos cenários de preço de cavaco analisados, no município de Cristalina, Goiás.

Na Figura 20(A), é possível observar como a idade de corte do regime com uma rotação que garante o máximo retorno econômico, segundo a TIR, se altera para diferentes cenários de preço da madeira, reduzindo as rotações economicamente ótimas para cenários de preços mais elevados.

A Figura 20(B) destaca que os regimes com duas rotações obtiveram melhores TIRs do que os regimes com uma rotação e que, no cenário de preço modal, os 14 regimes de manejo, com ciclos de duas rotações de maior duração, apresentaram TIR entre 6,0% e 7,0% acima da inflação. À medida que os cenários de preço se alteram, aumentando a rentabilidade do sistema de produção, os regimes de manejo que apresentam maiores TIRs vão reduzindo a idade do primeiro corte, mas podem variar a idade do segundo corte de maneira mais ampla e, ainda, apresentam TIRs entre 14,0% e 15,0% ao ano.



**Figura 20.** Evolução da Taxa Interna de Retorno (TIR) para os diferentes cenários de preço, para ciclos de uma e duas rotações de eucalipto no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

## Conclusões

O sistema de produção de lenha de “metrinho” não foi economicamente viável no cenário analisado em 2018, diferentemente do sistema de produção de cavaco. Entretanto, principalmente devido ao custo de transporte (distância de 150 km para entrega no cliente), ambos os sistemas de produção estão muito próximos do limite da viabilidade econômica, como foi possível perceber nas análises de cenário com variação no preço.

A adoção de regimes de manejo, com diferentes idades de corte, pode ser uma alternativa interessante para os produtores florestais melhorarem o retorno econômico de seus sistemas de produção, sendo necessário o acompanhamento das curvas de crescimento nos locais, para validar a produção e o retorno econômico em diferentes idades de corte.

A elevada sensibilidade da viabilidade econômica da atividade, em situações limítrofes de viabilidade (VAEct próximo a zero), fica evidenciada nos cenários analisados, como também as variações reduzidas de viabilidade e de lucro em cenários de elevada rentabilidade. Isto destaca a importância de o produtor conhecer o mercado consumidor e planejar seus custos, principalmente de colheita e de transporte (este último muito dependente da distância ao consumidor), para que ele possa se inserir no mercado florestal de forma mais competitiva, reduzindo seu risco na atividade e melhorando a performance da cadeia produtiva como um todo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Goiás (Sebrae-GO) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pelo auxílio financeiro, por meio da parceria estabelecida na execução dos projetos “Goiás Sustentabilidade Agroflorestal” (Sebrae-GO) e “Prospecção de demandas tecnológicas, análise de políticas públicas e avaliação econômica, social e ambiental da produção florestal de eucalipto em regiões de novas fronteiras no Brasil Central” (Embrapa). Às empresas que aceitaram receber a equipe de pesquisadores e compartilhar informações e, especialmente, aos especialistas convidados que participaram do painel de custos de produção em Cristalina, para a definição do modal de produção delineado. Agradecimentos também à Cooperativa Florestal Brasil Central (Arbo) pela participação de seus profissionais, cooperados e pela cessão da sala de reuniões para a execução do painel de especialistas.

## Referências

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: J. Wiley, 1983. 333 p.

CRISTALINA. **Prefeitura municipal de Cristalina: economia 2020**. Disponível em: <https://cristalina.go.gov.br/sobre-o-municipio/economia/>. Acesso em 11. nov. 2020.

FAO. **Faostat**. Roma, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>. Acesso em: 11 nov. 2020.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Atlas do Estado de Goiás**. Goiânia, 2014. 98 p.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Perfil e potencialidades dos municípios goianos**. Goiânia, 2012. 112 p.

GOIÁS. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás. **Perfil competitivo das regiões de planejamento do Estado de Goiás**. Goiânia, 2010. 109 p. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/anexos/2011-04/f40892f24f7def77a05e7bce682943ff.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2019>. Acesso em: 11 nov. 2020.

IBGE. **Produto interno bruto dos municípios: Brasil/Goiás/ Cristalina 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/cristalina/pesquisa/38/0>. Acesso em: 11 nov. 2020.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual = Annual report 2020**. Brasília, DF, 2020. 66 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

KLEMPERER, W. D. **Forest resource economics and finance**. New York: McGraw-Hill, 1996. 551 p.



RECEITA FEDERAL. **Programa IRPF 2018**. 2018a. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/interface/cidadao/irpf/2018/download/windows>. Acesso em: 10 nov. 2018.

RECEITA FEDERAL. **Programa livro caixa da atividade rural 2018** (Versão Java). 2018b. Disponível em: [https://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/pagamento-do-imposto-de-renda-de-pessoa-fisica/livro-caixa-da-atividade-rural-1/copy\\_of\\_program-livro-caixa-da-atividade-rural-2017-versao-java/programa-livro-caixa-da-atividade-rural-2017-versao-java](https://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/pagamento-do-imposto-de-renda-de-pessoa-fisica/livro-caixa-da-atividade-rural-1/copy_of_program-livro-caixa-da-atividade-rural-2017-versao-java/programa-livro-caixa-da-atividade-rural-2017-versao-java). Acesso em: 10 nov. 2018.

REIS, C. A. F.; MORAES, A. da C. **Produção de madeira de florestas plantadas na região Centro-Oeste do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 31 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 287). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145914/1/Doc.-287-Producao-de-Madeira-CrisReis.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

REIS, C. A. F.; TALONE NETO, A.; BRUNCKHORST, A.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; PEREIRA, A. V.; MORAES, A. da C. **Cenário do setor de florestas plantadas no Estado de Goiás**. Colombo: Embrapa Florestas; [S.l.]: SEBRAE, [2017]. 79 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1080342/cenario-do-setor-de-florestas-plantadas-no-estado-de-goias>. Acesso em: 05 maio 2019.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2001. 389 p.

IDADE DO PLANTIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita floresta - Total	-	-	-	-	-	-	-	3.366.000,00	-	-	-	-	-	-	3.203.967,30
Produção floresta - Total	-	-	-	-	-	-	-	51.000,00	-	-	-	-	-	-	48.544,96
<b>CUSTOS FIXOS</b>															
Mão de Obra	13.920,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	23.040,00	23.040,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	4.320,00
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>															
Custos silviculturais - Total	265.905,07	83.926,40	4.526,40	4.526,40	2.100,00	2.100,00	2.100,00	74.566,67	21.500,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00
Custos gerais - Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arrendamento terra - Total	-	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00
Custo colheita - Total	-	-	-	-	-	-	-	918.000,00	-	-	-	-	-	-	873.809,26
Custo transporte - Total	-	-	-	-	-	-	-	1.275.000,00	-	-	-	-	-	-	1.213.623,98
Custo impostos s/ produção - Total	-	-	-	-	-	-	-	147.294,38	-	-	-	-	-	-	140.203,91
Custo impostos s/ produção - Primeira Rotação								147.294,38							
Custo impostos s/ produção - Segunda Rotação															140.203,91
Custos Comercialização - Total	-	-	-	-	-	-	-	178.500,00	-	-	-	-	-	-	169.907,36
Imposto	-	-	-	-	-	-	-	174.697,68	-	-	-	-	-	-	165.785,88
Custo para cálculo do imposto	279.825,07	92.566,40	13.166,40	13.166,40	10.740,00	10.740,00	10.740,00	2.602.001,04	44.540,00	25.140,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	2.403.964,51
Lucro para cálculo do imposto	(279.825,07)	(92.566,40)	(13.166,40)	(13.166,40)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	763.998,96	(44.540,00)	(25.140,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	800.002,79
Lucro IRPF descontado prejuízo ano anterior	(279.825,07)	(92.566,40)	(13.166,40)	(13.166,40)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	753.258,96	(44.540,00)	(25.140,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	789.262,79
Lucro presumido (20% da Receita Bruta)	-	-	-	-	-	-	-	673.200,00	-	-	-	-	-	-	640.793,46
Custos total - dependente da RB	-	-	-	-	-	-	-	147.294,38	-	-	-	-	-	-	140.203,91
Custo total - sem terra	279.825,07	92.566,40	13.166,40	13.166,40	10.740,00	10.740,00	10.740,00	2.776.698,72	44.540,00	25.140,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	2.569.750,39
Custo total - com terra	279.825,07	132.566,40	53.166,40	53.166,40	50.740,00	50.740,00	50.740,00	2.816.698,72	84.540,00	65.140,00	50.740,00	50.740,00	50.740,00	50.740,00	2.609.750,39
Saldo - com terra	(279.825,07)	(132.566,40)	(53.166,40)	(53.166,40)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	549.301,28	(84.540,00)	(65.140,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	594.216,91
Receita Bruta - no presente	-	-	-	-	-	-	-	2.557.883,36	-	-	-	-	-	-	1.850.211,28
Produção - no presente	-	-	-	-	-	-	-	38.755,81	-	-	-	-	-	-	28.033,50
CT dependente da RB - no presente	-	-	-	-	-	-	-	111.931,62	-	-	-	-	-	-	80.964,27
CT sem terra - no presente	279.825,07	89.006,15	12.173,08	11.704,88	9.180,60	8.827,50	8.487,98	2.110.062,82	32.544,94	17.663,03	7.255,56	6.976,50	6.708,17	6.450,17	1.483.966,82
CT com terra - no presente	279.825,07	127.467,69	49.155,33	47.264,74	43.372,76	41.704,58	40.100,56	2.140.459,53	61.772,55	45.766,50	34.278,13	32.959,74	31.692,05	30.473,13	1.507.065,82
Saldo (com terra) - no presente	(279.825,07)	(127.467,69)	(49.155,33)	(47.264,74)	(43.372,76)	(41.704,58)	(40.100,56)	417.423,82	(61.772,55)	(45.766,50)	(34.278,13)	(32.959,74)	(31.692,05)	(30.473,13)	343.145,46

Figura 21. Fluxo de caixa do sistema de produção modal de lenha de “metrinho” de eucalipto com entrega no cliente no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

IDADE DO PLANTIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita floresta - Total	-	-	-	-	-	-	-	4.130.400,00	-	-	-	-	-	-	3.924.000,00
Produção floresta - Total	-	-	-	-	-	-	-	27.536,00	-	-	-	-	-	-	26.160,00
<b>CUSTOS FIXOS</b>															
Mão de Obra	13.920,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	23.040,00	23.040,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	8.640,00	4.320,00
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>															
Custos silviculturais - Total	265.905,07	83.926,40	4.526,40	4.526,40	2.100,00	2.100,00	2.100,00	74.566,67	21.500,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00	2.100,00
Custos gerais - Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arrendamento terra - Total	-	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00
Custo colheita - Total	-	-	-	-	-	-	-	1.156.512,00	-	-	-	-	-	-	1.098.720,00
Custo transporte - Total	-	-	-	-	-	-	-	1.652.160,00	-	-	-	-	-	-	1.569.600,00
Custo impostos s/ produção - Total	-	-	-	-	-	-	-	144.997,38	-	-	-	-	-	-	137.751,73
Custo impostos s/ produção - Primeira Rotação	-	-	-	-	-	-	-	144.997,38	-	-	-	-	-	-	-
Custo impostos s/ produção - Segunda Rotação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137.751,73
Custos Comercialização - Total	-	-	-	-	-	-	-	123.912,00	-	-	-	-	-	-	117.720,00
Imposto	-	-	-	-	-	-	-	216.739,68	-	-	-	-	-	-	205.387,68
Custo para cálculo do imposto	279.825,07	92.566,40	13.166,40	13.166,40	10.740,00	10.740,00	10.740,00	3.160.788,05	44.540,00	25.140,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	2.930.211,73
Lucro para cálculo do imposto	(279.825,07)	(92.566,40)	(13.166,40)	(13.166,40)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	969.611,95	(44.540,00)	(25.140,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	993.788,27
Lucro IRPF descontado prejuízo ano anterior	(279.825,07)	(92.566,40)	(13.166,40)	(13.166,40)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	958.871,95	(44.540,00)	(25.140,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	(10.740,00)	983.048,27
Lucro presumido (20% da Receita Bruta)	-	-	-	-	-	-	-	826.080,00	-	-	-	-	-	-	784.800,00
Custos total - dependente da RB	-	-	-	-	-	-	-	144.997,38	-	-	-	-	-	-	137.751,73
Custo total - sem terra	279.825,07	92.566,40	13.166,40	13.166,40	10.740,00	10.740,00	10.740,00	3.377.527,73	44.540,00	25.140,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	10.740,00	3.135.599,41
Custo total - com terra	279.825,07	132.566,40	53.166,40	53.166,40	50.740,00	50.740,00	50.740,00	3.417.527,73	84.540,00	65.140,00	50.740,00	50.740,00	50.740,00	50.740,00	3.175.599,41
Saldo - com terra	(279.825,07)	(132.566,40)	(53.166,40)	(53.166,40)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	712.872,27	(84.540,00)	(65.140,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	(50.740,00)	748.400,59
Receita Bruta - no presente	-	-	-	-	-	-	-	3.138.764,54	-	-	-	-	-	-	2.266.012,22
Produção - no presente	-	-	-	-	-	-	-	20.925,10	-	-	-	-	-	-	15.106,75
CT dependente da RB - no presente	-	-	-	-	-	-	-	110.186,09	-	-	-	-	-	-	79.548,19
CT sem terra - no presente	279.825,07	89.006,15	12.173,08	11.704,88	9.180,60	8.827,50	8.487,98	2.566.643,49	32.544,94	17.663,03	7.255,56	6.976,50	6.708,17	6.450,17	1.810.730,53
CT com terra - no presente	279.825,07	127.467,69	49.155,33	47.264,74	43.372,76	41.704,58	40.100,56	2.597.040,20	61.772,55	45.766,50	34.278,13	32.959,74	31.692,05	30.473,13	1.833.829,53
Saldo (com terra) - no presente	(279.825,07)	(127.467,69)	(49.155,33)	(47.264,74)	(43.372,76)	(41.704,58)	(40.100,56)	541.724,34	(61.772,55)	(45.766,50)	(34.278,13)	(32.959,74)	(31.692,05)	(30.473,13)	432.182,70

Figura 22. Fluxo de caixa do sistema de produção modal de cavaco de eucalipto com entrega no cliente no município de Cristalina, Goiás, em 2018.

**Embrapa**

---

**Florestas**

