

RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM CADEIAS AGROPECUÁRIAS PARA ADEQUAÇÃO AO CÓDIGO FLORESTAL

Análise econômica de oito estados brasileiros

Laura Antoniazzi, Paolo Sartorelli,
Karine Costa e Iara Basso



ESTUDO COMPLETO

RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM CADEIAS AGROPECUÁRIAS PARA ADEQUAÇÃO AO CÓDIGO FLORESTAL

Análise econômica de oito estados brasileiros

Laura Antoniazzi, Paolo Sartorelli,
Karine Costa, Iara Basso

São Paulo, novembro de 2016

Sobre o INPUT

O Brasil vive uma oportunidade peculiar diante das mudanças do clima e dos desafios globais para garantir segurança alimentar. Graças aos avanços tecnológicos na produção agropecuária e recentes conquistas no combate ao desmatamento, a dinâmica do uso da terra caminha em direção a práticas mais sustentáveis. Aumentar a produção agropecuária enquanto promove a regularização ambiental e a conservação dos recursos naturais é uma agenda desafiadora que traz enormes oportunidades para o País e para os setores produtivos.

O projeto Iniciativa para o Uso da Terra (INPUT) resulta de uma parceria entre a Agroicone e o Climate Policy Initiative (CPI) no Brasil. É composto por economistas, advogados, matemáticos, geógrafos e agrônomos que trazem ideias inovadoras para conciliar a produção de alimentos com a proteção ambiental.

Reunindo atores centrais dos setores público e privado, o INPUT mapeia os desafios para uma melhor gestão de recursos naturais e mobiliza agentes das cadeias produtivas para promover a regularização perante o Código Florestal. Além disso, visa avaliar e influenciar a criação de uma nova geração de políticas voltadas para uma economia de baixo carbono no Brasil.

Neste projeto, a Agroicone é responsável por gerar informações sobre as alternativas para restauração de vegetação nativa, bem como pela compensação de áreas de Reserva Legal, além de engajar o setor privado nos desafios da regularização e criar soluções setoriais que permitam a adequação em larga escala.

Saiba mais em: www.inputbrasil.org

Sobre a Agroicone

Fundada em 2013 pela união de um grupo de especialistas do Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE), a Agroicone é resultado do amadurecimento de dez anos de trabalho de uma equipe coesa, responsável pela produção de estudos e pesquisas aplicadas e por debates qualificados em temas do agronegócio brasileiro e mundial.

A Agroicone atua na agenda de negociações e comércio internacional, segurança alimentar, questões regulatórias, inteligência de mercados, sustentabilidade, mudanças do clima, planejamento territorial, certificações, mapeamento e quantificação de tecnologias e também na elaboração de conteúdos e estratégias de comunicação para as cadeias dos setores sucroenergético, carnes e lácteos, grãos, lavouras perenes (florestas plantadas e palma de óleo), bioenergia e produtos da agricultura familiar.

Saiba mais em: www.agroicone.com.br

RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM CADEIAS AGROPECUÁRIAS PARA ADEQUAÇÃO AO CÓDIGO FLORESTAL - Análise econômica de oito estados brasileiros

Agroicone, INPUT / 2016

Coordenação geral

Laura Antoniazzi

Autores

Laura Antoniazzi

Paolo Sartorelli

Karine Costa

Iara Basso

Equipe de apoio

Danilo Nóbrega e Mariane Romeiro

Revisão e edição

Camila Rossi

SUMÁRIO

Introdução	9
1 O FLORESCIMENTO DA AGENDA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL.....	9
2 OBJETIVOS E APLICAÇÃO DESTE TRABALHO.....	12
3 APLICABILIDADE DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL E SEUS CUSTOS	14
3.1 Critérios físicos e ambientais para definição das técnicas e custos da restauração florestal	14
3.1.1 Potencial de regeneração natural.....	14
3.1.2 Declividade.....	17
3.1.3 Precipitação.....	19
3.1.4 Espacialização das condições físico-ambientais	20
3.2 Técnicas e modelos de restauração florestal.....	21
3.2.1 Técnica da regeneração natural.....	21
3.2.2 Semeadura direta.....	22
3.2.3 Plantio de mudas.....	24
3.2.4 Plantio de mudas nativas sem aproveitamento econômico.....	26
3.2.5 Plantio de mudas com aproveitamento econômico	26
3.3 Aplicação dos modelos e técnicas de restauração florestal nos diferentes potenciais de regeneração natural e cenários econômicos	28
3.3.1 Alto potencial de regeneração natural	28
3.3.2 Médio potencial de regeneração natural	28
3.3.3 Baixo potencial de regeneração natural	29
3.4 Operações, custos e rendimentos das técnicas de restauração florestal.....	32
3.4.1 Operações e rendimentos.....	33
3.4.2 Preços dos insumos, mão de obra e madeira	35
3.4.3 Produtividade de madeira.....	36
4 RESULTADOS: VARIAÇÃO DOS CUSTOS EM CADA REGIÃO	38
4.1 São Paulo	38
4.2 Mato Grosso do Sul	40
4.3 Mato Grosso e região da Bacia do Tapajós (Pará)	42
4.4 Matopiba.....	45

4.5	Considerações gerais sobre os custos e retornos das técnicas de restauração	47
4.6	Gargalos e soluções para a cadeia de restauração florestal	50
5	ONDE ESTAMOS E PARA ONDE QUEREMOS IR?	52
6	LITERATURA CONSULTADA.....	56
7	APÊNDICES	59
	Apêndice 1 – Análise de território como subsídio para restauração	59
A.1.1	Estado de São Paulo.....	59
A.1.2	Estado de Mato Grosso do Sul.....	61
A.1.3	Estado de Mato Grosso.....	62
A.1.4	Região da Bacia do Tapajós (PA).....	64
A.1.5	MATOPIBA	65
	Apêndice 2 - Fonte das informações econômicas.....	68
	Apêndice 3 – Explicação Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).....	71
	Apêndice 4 – Custos, VPL e TIR de todas as técnicas e modelos para as regiões estudadas	72
	Apêndice 5 - Descrição dos modelos de restauração florestal de Reserva Legal com aproveitamento econômico	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área com baixo potencial de regeneração natural no bioma Cerrado.	166
Figura 2: Cerrado com médio potencial de regeneração natural.	166
Figura 3: Área de vegetação no bioma Mata Atlântica com alto potencial de regeneração natural.....	177
Figura 4: Terreno com declividade <12%, no qual é possível a mecanização da maior parte das operações de plantio florestal.....	188
Figura 5: Terreno ao fundo com declividade > 20% em São Bento do Sapucaí, SP.....	199
Figura 6: Regeneração natural ativa em andamento em Pindamonhangaba, SP.....	22
Figura 7: A muvuca de sementes em detalhe.	23
Figura 8: Maquinário agrícola realizando plantio por semeadura direta a lanço para restauração de APP no bioma Cerrado.....	233
Figura 9: Plantio de mudas para restauração de Reserva Legal, sem aproveitamento econômico.	244
Figura 10: Plantio de mudas com aproveitamento econômico após dois anos do plantio, Symbiosis Investimentos, Trancoso (BA).	255
Figura 11: Fluxograma das técnicas de restauração florestal adotadas.	Erro! Indicador não definido.8
Figura 12: Área com alta declividade (>20%).....	333
Figura 13: Custos (R\$ /ha), VLP (R\$ /ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de São Paulo, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).	Erro! Indicador não definido.9
Figura 14: Custos (R\$ /ha), VLP (R\$ /ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de Mato Grosso do Sul, em cada combinação entre de declividade e precipitação (condições A a F).....	41
Figura 15: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de Mato Grosso, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).	43
Figura 16: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para a região da Bacia do Tapajós, Estado do Pará, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições B, D, F).....	444
Figura 17: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para a região do Matopiba, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).	Erro! Indicador não definido.6

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do potencial de regeneração natural	155
Tabela 2: Classificação da declividade em porcentagem.	188
Tabela 3: Classificação da média anual da precipitação em milímetros.	199
Tabela 4: Condições físico-ambientais a partir da combinação entre declividade e precipitação.	2020

Tabela 5: Técnica indicada em função do potencial de regeneração.....	21
Tabela 6: Ciclos e produtos dos diferentes modelos de plantios de mudas com aproveitamento econômico.....	30
Tabela 7: Custos de atividades especializadas da restauração florestal em diferentes escalas de implantação do projeto de restauro florestal.	322
Tabela 8. Operações envolvidas nos plantios de mudas nas diferentes declividades e com baixo potencial de regeneração natural.....	34
Tabela 9: Ciclos, incrementos médios anuais ($m^3/ha/ano$) nos cenários pessimistas e otimistas dos diferentes tipos de madeiras.....	366

Introdução

1 O FLORESCIMENTO DA AGENDA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL

Diversos fatores fortaleceram a agenda de restauração florestal no Brasil nas últimas décadas e, de forma ainda mais acelerada, nos últimos anos. O entendimento sobre a importância das florestas para a saúde das paisagens é cada vez mais amplo. Além disso, diversos compromissos e iniciativas globais, especialmente relacionadas à Convenção do Clima, estão inserindo a restauração de florestas no centro das soluções para combater e lidar com as mudanças climáticas. No entanto, a principal razão para o estímulo da restauração florestal no Brasil hoje é legal, ou seja, para o cumprimento da lei – especialmente do Código Florestal.

A legislação brasileira de apoio à restauração também está alinhada aos esforços globais de combate à mudança do clima e à perda de biodiversidade. A meta brasileira apresentada na 21ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (COP21), realizada em Paris, em 2015, e ratificada em setembro deste ano, compromete-se com a redução de 43% em números absolutos das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) até 2030, com base no nível registrado de 2005, e está centrada no fim do desmatamento ilegal na Amazônia, na restauração florestal de 12 milhões de hectares e na recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas, entre outras metas.

Neste contexto, o novo Código Florestal (Lei no 12.651/2012) cria a maior agenda de restauração florestal no Brasil por exigir a conservação de vegetação nativa em áreas privadas, por meio das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reservas Legais. A lei florestal exige que a produção agrícola esteja combinada com a conservação ambiental, sendo, por isso, um dos alicerces para que a restauração florestal aconteça em larga escala. Se bons mecanismos de apoio forem postos em prática, esta vasta restauração florestal pode ser feita de modo a maximizar benefícios ambientais e trazer à tona o potencial econômico das florestas. No entanto, é necessário o desenvolvimento de uma nova economia florestal, que poderá colocar o Brasil na liderança da silvicultura tropical.

As oportunidades são muitas: além de buscar alternativas de restauração com baixo custo, há a possibilidade de aproveitar a agenda de restauração ecológica e associá-la ao fomento da economia florestal e ao aproveitamento econômico das florestas. Madeiras e diversos produtos não madeireiros podem ser aproveitados nas áreas de Reserva Legal, seguindo técnicas de manejo sustentável e, desta forma, florestas podem virar negócios, com geração de renda e empregos.

Adicionalmente, ferramentas de suporte para a restauração florestal, unindo aspectos ecológicos e econômicos, são fundamentais para aliar produção e conservação e dar escala à regularização do Código Florestal.

Estudos indicam que o passivo de Reserva Legal e APP nas propriedades rurais está entre 21 e 25 milhões de hectares¹. Para suprir o déficit, proprietários de terra deverão recompor suas áreas por meio de plantio de mudas, regeneração natural ou, ainda, compensação (no caso de Reserva Legal) – que poderá ser feita em outro imóvel por meio da aquisição de Cotas de Reserva Ambiental, arrendamento ou de excedente de outro imóvel de mesma titularidade, ou ainda em Unidades de Conservação (UCs). Assim, grande parte da meta brasileira de restauração florestal deve estar associada à adequação das exigências do Código Florestal.

Pela nova lei florestal, é permitida a restauração com as seguintes técnicas, que podem ser adotadas de forma isolada ou em conjunto:

I – Condução de regeneração natural de espécies nativas;

II – Plantio de espécies nativas;

III – Plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas;

IV – Plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recomposta.

Neste estudo, foram adotadas três técnicas de restauração: condução da regeneração natural (ativa e passiva), semeadura direta e plantio de mudas, sendo essa última feita de diferentes formas - apenas com espécies nativas e também intercalada com exóticas, com e sem aproveitamento econômico.

O levantamento de custos de restauração foi feito para quatro grandes regiões do Brasil, sendo duas regiões de agricultura consolidada, nos estados de São Paulo e de Mato Grosso do Sul, e duas regiões de fronteira, com expansão da agricultura, Mato Grosso e região da Bacia do Tapajós (PA) e Matopiba (confluência dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Nestas regiões estão presentes quatro das mais importantes cadeias agroindustriais do Brasil (soja, cana-de-açúcar, pecuária e florestas plantadas) que tem papel central na agenda de restauração florestal e uso eficiente da terra.

A restauração ecológica e florestal no Brasil é uma ciência que vem crescendo significativamente na última década. Mas ainda é preciso avançar, e muito, no conhecimento sobre plantios de florestas tropicais para executar projetos no campo com mais segurança e, assim, alavancar a restauração florestal nas dimensões necessárias e desejáveis. É fato que a grande área do País, associada à sua rica biodiversidade e variedade de paisagens, traz complexidade para a restauração em grande escala. Nesse contexto, existem diversas situações de degradação e uso do solo e grande variação dos métodos e das técnicas de restauração mais adequados.

Para restaurar a vegetação nativa a contento, estudos e projetos específicos para determinadas paisagens e condições são importantes, pois a definição da técnica é

¹ Soares-Filho *et al.* 2014. Cracking Brazil's Forest Code. Science.

feita em função da degradação (tempo e intensidade), do bioma, da vegetação a ser restaurada, bem como do tempo e dos recursos disponíveis para a restauração ser implementada.

Adicionalmente, é preciso aprofundar o conhecimento sobre estimativas de valores de restauração florestal para a elaboração de políticas de apoio e estabelecimento de metas para a regularização. Essa publicação, além de apresentar a informação sobre onde cada técnica pode ser utilizada, apresenta uma estimativa de custos da restauração florestal para cada uma delas.

Com este estudo, a Agroicone busca dar embasamento a políticas públicas e ações privadas que guiem estratégias de restauração florestal em grande escala, tais como o planejamento territorial da restauração em diferentes regiões e mecanismos de financiamento. Além disso, deseja também contribuir com o desafio de levar para o chão a restauração florestal no Brasil, que será colocada em prática com a colaboração de muitos atores – entidades, centros de pesquisas, órgãos públicos e, especialmente, produtores rurais – por um propósito que irá beneficiar a toda sociedade brasileira.

2 OBJETIVOS E APLICAÇÃO DESTE TRABALHO

Este estudo levantou os critérios básicos que definem operações e custos de diferentes modelos de restauração florestal para fins de atendimento das exigências do Código Florestal quanto à Reserva Legal (RL) e às Áreas de Preservação Permanente (APPs). O estudo pode servir de apoio a políticas públicas, para guiar estratégias privadas de restauração em grande escala e para planejamento territorial de restauração em cadeias produtivas e regiões.

Esses critérios e custos de restauração florestal de diferentes técnicas foram compilados nas seguintes regiões: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e regiões da Bacia do Tapajós (PA), e Matopiba (confluência dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com os seguintes objetivos:

- Apresentar a aplicabilidade e os custos das diferentes técnicas de restauração florestal para as condições físico-ambientais (cruzamento das diferentes faixas de precipitação e declividade) das regiões estudadas;
- Estimar valores de custos de restauração florestal com o produtor executando as técnicas de restauração propostas;
- Apresentar gargalos e dificuldades da restauração florestal de cada região estudada, bem como as possíveis oportunidades e soluções para redução dos custos da atividade e fomento da cadeia de restauração.

Este trabalho é um estudo teórico com a proposta de subsidiar a discussão dos custos da restauração florestal em uma escala regional e que devem ser detalhados conforme as particularidades locais. Considerando a amplitude geográfica da análise, não é objetivo deste estudo recomendar técnicas de restauração florestal, pois estas dependem de avaliação *in loco* por profissionais – que podem usufruir destes resultados como uma perspectiva geral da aplicabilidade das técnicas de restauração e respectivos custos na região de interesse.

O local ideal para a restauração florestal é uma combinação de múltiplos fatores, como:

- Baixos custos de restauração florestal, ou seja, onde há alto potencial de regeneração natural;
- Baixa concorrência com áreas muito favoráveis à agricultura (perto de infraestrutura, com boa aptidão agrícola, etc.);
- Áreas prioritárias para conservação, como aquelas em que há recargas de aquíferos ou alto valor de conservação de biodiversidade;
- Demandas de produtos associados a plantios com aproveitamento econômico; entre outros.

Assim, a recomendação das áreas mais favoráveis para restauração florestal depende de um balanço entre estes fatores e, portanto, a análise econômica aqui apresentada pode dar apenas indicações parciais.

De forma geral, o presente estudo expõe estimativas de custos operacionais de restauração florestal e VPL (Valor Presente Líquido) por hectare, além da TIR (Taxa Interna de Retorno) dos modelos de plantio de mudas com aproveitamento econômico. Foram considerados os custos operacionais, necessários para implantação da

restauração, e não foram considerados os custos fixos para preparação da área (cercas e aceiros) e os custos de gestão da restauração (indicação técnica, gestão e monitoramento). Estes custos não inclusos podem ocorrer ou não e dependem muito do arranjo em que é feito a restauração (contratação de consultoria especializada, execução do próprio produtor, apoio de organizações públicas, entre outros). Os custos operacionais desse estudo foram detalhados em planilhas desenvolvidas com os diferentes insumos, valores de hora/máquina e hora/homem, entre outros fatores que compõem o custo final das técnicas de restauração florestal, em cada região aqui abordada. Os resultados sistematizados dessas planilhas acompanham esse documento na seção de anexos.

3 APLICABILIDADE DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL E SEUS CUSTOS

3.1 Critérios físicos e ambientais para definição das técnicas e custos da restauração florestal

Foram considerados três fatores físico-ambientais para definição das técnicas e operações de restauração florestal e, conseqüentemente, de seus custos, que serão explicados em detalhes adiante:

- I. Potencial de regeneração natural;
- II. Declividade do terreno;
- III. Precipitação.

3.1.1 Potencial de regeneração natural

A definição de regeneração natural (RN) é um “conjunto de processos pelos quais plantas se estabelecem em área a ser restaurada ou em restauração, sem que tenham sido introduzidas deliberadamente por ação humana”². Ambientes com alta capacidade de regeneração natural indicam que a vegetação apresenta boa resiliência, que pode ser recuperada natural e gradualmente, recuperando serviços ambientais da vegetação nativa, antes do desmatamento ou da degradação. **A capacidade de regeneração depende, sobretudo, do histórico da área e da presença dos elementos que garantem a regeneração**, tais como: banco de sementes, fragmentos florestais próximos que promovam chuva de sementes, espécies com capacidade de rebrota por raízes, espécies pioneiras³, espécies-chave que atraem fauna, em particular a avifauna, e ausência de elementos degradantes como fogo e pisoteio de animais.

Para cada bioma, a regeneração natural tem um comportamento e se manifesta de diferentes formas. Via de regra, na Mata Atlântica, ela ocorre por chuva de sementes e, no Cerrado, por meio de rebrotas de raízes e toco. **Avaliar a capacidade de regeneração natural da área onde se pretende restaurar a floresta natural é fundamental para definir a técnica adequada.**

A espacialização dos estágios em que se encontra a regeneração natural é fundamental para que saibamos onde estão as áreas com alto, médio e baixo potencial. Contudo, um estudo com a ampla abrangência de oito estados demandaria análises de paisagem complexas, que não foram o foco deste trabalho. Deste modo, como forma de abordar essa variável de uma maneira mais simples, admitiu-se que existam três potenciais de regeneração natural: alta, sem necessidade de intervenção;

² ARONSON, J.; DURIGAN, G. & BRANCALION, P.H.S. **Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica**. 2011. Instituto Florestal. Série Registros (São Paulo), n. 44, p. 1- 38.

³ Neste trabalho, consideram-se como espécies pioneiras aquelas que possuem capacidade de estabelecimento e crescimento em ambientes degradados ou alterados.

média, com pouca necessidade de intervenção; e baixa, com elevada necessidade de intervenção (Tabela 1)⁴.

Tabela 1: Classificação do potencial de regeneração natural (RN)

Potencial de regeneração natural	Código	Descrição	Necessidade de intervenção para fins de restauração
Alta	R3	Área com alta densidade de árvores por hectare e metade de espécies encontradas no ecossistema de referência.	Nula
Média	R2	Área com a metade da densidade de árvores por hectare em relação ao ecossistema de referência e 1/3 das espécies	Pouca, de modo a facilitar a regeneração natural.
Baixa	R1	Área com menos de 3% de indivíduos e baixo número de espécies por hectare. Nessa situação admitiu-se o plantio em área total.	Elevada, com utilização de técnicas de restauração florestal.

Assumimos que, onde o potencial de RN é alto e não há necessidade de intervenção com técnicas de restauração, os fatores físicos não interferem no custo da restauração florestal. Entretanto, nos cenários em que o potencial de regeneração natural é médio ou baixo e há a necessidade de aplicação de técnicas de restauração mais incisivas, fatores físicos, como declividade e precipitação, influenciam no custo da restauração, pois dificultam a execução das operações necessárias na aplicação de cada técnica.

A regeneração natural, enquanto técnica de restauração florestal, tem menor custo se comparada às demais técnicas de semeadura direta ou de plantio de mudas, como será apresentado mais adiante. Deste modo, **entender e potencializar a capacidade de regeneração natural é uma das ações mais estratégica para minimizar custos de restauro florestal.**

⁴ Os parâmetros ecológicos que definem se uma área tem alta, média ou baixa regeneração natural devem ser levantados no diagnóstico ambiental prévio e sempre respeitando os parâmetros do bioma e da vegetação que se quer restaurar. Nunca deve ser feita qualquer intervenção antes de se fazer um diagnóstico bem fundamentado. Também é preciso saber qual é o agente, intensidade e o tempo da degradação para se conhecer o atual estágio da regeneração natural.



Figura 1: Área com baixo potencial de regeneração natural no bioma Cerrado.



Figura 2: Cerrado com médio potencial de regeneração natural.



Figura 3: Área de vegetação no bioma Mata Atlântica com alto potencial de regeneração natural.

3.1.2 Declividade

A declividade do terreno influencia diretamente os custos da restauração florestal, pois a mecanização de algumas operações é inviável em declividades altas, bem como o rendimento das atividades (controle de invasoras, semeadura direta, plantio de mudas) é reduzido com a inclinação do terreno.

Assim, foram definidos três intervalos de declividade (**Tabela 2**):

- I. Declividade baixa (0-12%), onde é possível a mecanização;
- II. Declividade média (12-20%);
- III. Declividade alta (acima de 20%).

A diferença entre declividade média e alta se dá nos rendimentos das atividades, pois os trabalhadores demoram mais tempo para realizar uma mesma atividade em terreno de alta declividade do que em terreno de média declividade. Os critérios para a definição dos intervalos foram: declividade máxima para realização de mecanização (12% de declividade) e a classificação de declividade da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que caracteriza terrenos com mais de 20% de declividade como Forte Ondulado, Montanhoso ou Escarpado.

Tabela 2: Classificação da declividade em porcentagem.

Declividade (%)	Intensidade da declividade	Mecanização das operações ⁵
0-12%	Baixa	Mecanizável
12-20%	Média	Não mecanizável
>20%	Alta	Não mecanizável



Figura 4: Terreno com declividade <12%, no qual é possível a mecanização da maior parte das operações de plantio florestal.

⁵ Algumas operações podem ser mecanizadas em áreas com declividade entre 12-20%, contudo, este estudo levou em consideração que todas as operações nessa classe de declividade são manuais.



Figura 5: Terreno ao fundo com declividade > 20%, em São Bento do Sapucaí, SP.

3.1.3 Precipitação

A precipitação influencia os custos da restauração florestal em função da necessidade de irrigação em regiões com baixa precipitação e da maior necessidade de controle de plantas invasoras de crescimento espontâneo em regiões com alta precipitação. A precipitação foi classificada em duas categorias: menor que 1200 mm (<1200mm), na qual a necessidade de irrigação é alta; e maior que 1200 mm (>1200mm), na qual a necessidade de irrigação é média (**Tabela 3**).

Vale ressaltar que essa é uma simplificação bastante forte da influência do regime de chuvas na restauração florestal e, assim, esta definição não pode ser levada como regra geral para todas as áreas que abrangem o estudo. Há regiões com precipitação >1200 mm, mas com regimes de chuva alterados ou chuvas mal distribuídas, o que, na prática, significaria necessidade alta de irrigação.

Tabela 3: Classificação da média anual da precipitação em milímetros.

Precipitação (média anual)	Intensidade da precipitação	Necessidade de irrigação ⁶
< 1200 mm	Baixa	Alta
> 1200 mm	Alta	Média

⁶ Sabemos que a existência de veranicos (pequena estiagem no período chuvoso) pode causar prejuízos em plantios florestais, sendo necessária a irrigação. Contudo, o presente estudo considerou que o regime de chuva não sofrerá com lacuna na sua distribuição.

3.1.4 Espacialização das condições físico-ambientais

Para cada região, a precipitação e a declividade do terreno foram classificadas em:

- Três intervalos de declividade: 0-12%, 12-20% e >20%.
- Dois intervalos de precipitação (<1200 mm/ano e >1200 mm/ano), a partir do processamento de dados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG)⁷.

Posteriormente, os mapas classificados de declividade e de precipitação foram cruzados entre si. Cada combinação resultante desse cruzamento foi considerada uma condição físico-ambiental, a qual foi identificada pelas letras A, B, C, D, E e F (**Tabela 4**). Para cada condição, foram atribuídos os custos dos diferentes métodos de restauração florestal contabilizados para cada estado ou região. No tópico 4 – “Resultados”, é apresentada uma síntese da caracterização do território de acordo com os critérios de declividade e precipitação⁸ para cada região.

A classificação dos mapas foi realizada para toda a extensão do território dos estados e regiões abordados neste estudo, entretanto, ressalta-se que é necessário desconsiderar as áreas ocupadas por Unidades de Conservação, terras indígenas e fisionomias não florestais, pois nessas áreas não cabe a aplicação das técnicas de restauração para a finalidade abordada neste estudo. Portanto, o presente estudo não pretende homogeneizar a paisagem e nem propor a restauração florestal onde nunca houve florestas (fisionomias campestres) ou em locais já preservados.

Tabela 4: Condições físico-ambientais a partir da combinação de declividade e precipitação.

Condição	Declividade	Precipitação
A	Baixa (0-12%)	< 1200 mm
B	Baixa (0-12%)	> 1200 mm
C	Média (12-20%)	< 1200 mm
D	Média (12-20%)	> 1200 mm
E	Alta (> 20%)	< 1200 mm
F	Alta (> 20%)	> 1200 mm

⁷ Detalhes sobre a metodologia de geoprocessamento empregada na obtenção dos dados de declividade e precipitação podem ser encontrados no **Apêndice 1 – Análise de território como subsídio para restauração**

⁸ A caracterização completa das condições físico-ambientais de cada região pode ser encontrada no Apêndice 1 desse documento.

3.2 Técnicas e modelos de restauração florestal

As principais motivações para a escolha de determinadas técnicas de restauração florestal para este trabalho foram: I) técnica consolidada e com resultados em literatura e campo; II) de baixo custo, quando possível; III) de execução e manejo fácil, onde o produtor rural possa executar essas atividades de maneira independente; e IV) que proporcione retorno econômico.

As técnicas adotadas são regeneração natural passiva e ativa, semeadura direta (muvuca de sementes) e plantio de mudas. Além disso, a adoção de determinada técnica depende dos fatores físico-ambientais apresentados acima (capacidade de regeneração natural, declividade e precipitação) (**Tabela 5**), além de outros fatores que o executor do projeto deverá considerar. Para cada uma das técnicas de restauração florestal, existem diversas possibilidades e modelos de intervenções. Para fins de simplificação, foram escolhidas algumas formas de intervenção padrão para as quais seus custos foram coletados.

Tabela 5: Técnica indicada em função do potencial de regeneração.

Técnica	Potencial de regeneração natural
Regeneração natural passiva	Alto
Regeneração natural ativa	Médio
Semeadura direta ou plantio de mudas	Baixo

3.2.1 Técnica da regeneração natural

Foram adotados dois métodos de regeneração natural: passiva e ativa (ou assistida), que são definidas conforme segue:

Regeneração natural passiva: não há qualquer intervenção na área, pois, como foi definido anteriormente, há alta resiliência na mesma, portanto, o custo é zero.

Regeneração natural ativa: é feito somente o controle de gramíneas invasoras com herbicida seletivo. Nas declividades médias (12-20%) e altas (acima de 20%), o combate do capim é realizado de forma manual com bomba costal⁹.

⁹ A regeneração natural ativa pode ter infinitas possibilidades de intervenções, como o controle de formigas, o plantio de enriquecimento, entre outras. Aqui adotou-se somente o controle do capim com herbicida.



Figura 6: Regeneração natural ativa em andamento em Pindamonhangaba, SP.

3.2.2 Semeadura direta

Semeadura direta é o plantio das sementes diretamente no solo e no local definitivo de plantio que, a grosso modo, dispensa o uso de mudas.

O modelo da semeadura direta foi baseado na experiência do Instituto Socioambiental (ISA) que ajudou a desenvolver esse sistema mecanizado de semeadura de espécies florestais com grande sucesso no Estado de Mato Grosso¹⁰. Como qualquer outra técnica, requer cuidado pré e pós plantio para que haja sucesso.

A semeadura direta é também conhecida como “muvuca de sementes” que, conceitualmente, é a mistura de sementes florestais, sementes de adubação verde e um material de preenchimento/homogeneização, como areia, terra ou quirera. Esta mistura pode ser plantada de forma manual ou mecanizada¹¹, sendo que, quando se consegue mecanizá-la, obtém-se uma redução de custos, com maior rendimento de hectare/dias. Essa técnica é aplicada com sucesso em regiões onde a mecanização da agricultura é amplamente usada, pois o produtor rural pode iniciar o processo de restauração utilizando o próprio maquinário da fazenda, reduzindo assim os custos de plantio com empresas terceirizadas.

¹⁰ Sementes do Xingu: <http://sementesdoxingu.org.br/>

¹¹ Sugere-se que essa técnica de restauração seja feita em áreas de declividade baixa (até 12%) e potencial de regeneração natural baixo.



Figura 7: A muvuca de sementes em detalhe.



Figura 8: Maquinário agrícola realizando plantio por semeadura direta a lanço para restauração de APP no bioma Cerrado.

3.2.3 Plantio de mudas

A técnica de plantar mudas é amplamente utilizada no Brasil, talvez seja a técnica mais antiga de restauração florestal conhecida. Seu sucesso depende dos cuidados pré e pós plantios, pois mudas são suscetíveis à seca e ao ataque de formigas, e necessitam de adubação e controle do capim até o terceiro ano¹² ou mais.

Para as diferentes situações de degradação, região, vegetação e bioma, haverá rendimentos e operações peculiares ao plantio de mudas. Considerando essa amplitude de situações, este estudo optou por operações básicas desse método que, independentemente da região, farão parte do plantio de mudas.

Neste estudo, a técnica de restauração florestal com plantio de mudas permite duas possibilidades:

I. **Plantio florestal sem aproveitamento econômico**

Via de regra, pode ser feito em Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou mesmo em Reserva Legal (RL), se o proprietário não tiver interesse em ter aproveitamento econômico.



Figura 9: Plantio de mudas para restauração de Reserva Legal, sem aproveitamento econômico.

¹² Para o modelo plantio de mudas sem aproveitamento econômico, foi estabelecido o período de manejo até o terceiro ano, pois este é o tempo estimado para o estabelecimento das mudas. Após esse período, a atividade de manutenção resume-se à ronda para o controle de formigas. Os custos de desbaste e desrama artificial (poda) não são computados nos custos de manejo da floresta. Esses só podem ser mensurados em plantios experimentais e, ainda assim, vão depender da finalidade da madeira, das espécies utilizadas, da densidade de árvores por hectare, dentre outros fatores.

- II. **Plantio florestal com finalidade de aproveitamento econômico**¹³. Indicada para implantação em Reserva Legal, pois permite o plantio de espécies exóticas, combinada com nativas na proporção de 50%, e de manejo florestal. Essa foi a única técnica adotada para plantio de mudas com fins econômicos, o que não significa que outras técnicas de restauração florestal, como semeadura direta e a condução de regeneração natural, não tenham a possibilidade de se fazer o aproveitamento econômico. A motivação mais forte para a adoção do plantio de mudas com o aproveitamento econômico foi que, nessa técnica, consegue-se definir e/ou selecionar as espécies de interesse econômico, os espaçamentos e os ciclos de colheitas e estimar melhor o crescimento e o volume das árvores.



Figura 10: Plantio de mudas com aproveitamento econômico após dois anos do plantio, Symbiosis Investimentos, Trancoso (BA).

¹³ Plantios de Reserva Legal com aproveitamento econômico, que visam produzir madeira para energia, serraria e outros produtos madeireiros de espécies nativas, têm como premissas para seu sucesso: 1) Seleção de espécies com vocação silvicultural (bom crescimento, boa forma de fuste, qualidade da madeira); 2) Seleção e melhoramento genético das espécies, como forma de escolher os indivíduos da espécie que apresentam as melhores características (crescimento, forma de fuste e etc.) e desses indivíduos, criar matrizes para a clonagem, que aumentarão a produtividade por hectare; 3) Manejo intensivo da área plantada, atividade está intimamente ligada ao sucesso do plantio florestal, pois, fatores que possam reduzir ou prejudicar a população florestal (formiga, capim, incêndios, etc.) devem ser eliminados para evitar prejuízos.

3.2.4 Plantio de mudas nativas sem aproveitamento econômico

A técnica do plantio de mudas é, de maneira simplificada, a abertura de covas para a introdução de mudas produzidas em viveiros florestais. É a técnica mais antiga e mais utilizada em projetos de restauração florestal pelo sucesso do desenvolvimento da floresta, desde que adotados os cuidados necessários. Como esta técnica implica na produção de mudas florestais em viveiros, sua aplicação está diretamente relacionada à disponibilidade de mudas em viveiros relativamente próximos.

3.2.5 Plantio de mudas com aproveitamento econômico

A técnica do plantio de mudas para restauração florestal com aproveitamento econômico seguiu os modelos do “Pacto pela restauração da Mata Atlântica”¹⁴ – que foram implantados nos estados de São Paulo e do Espírito Santo e são bastante complexos em seus arranjos.

Nessa referência, há quatro modelos que sugerem o aproveitamento econômico de madeiras nativas consorciadas com madeiras exóticas. Todos os modelos visam à exploração da madeira em linha e nunca ultrapassam 50% de corte da cobertura florestal da Reserva Legal.

Todos os plantios do “Pacto pela restauração da Mata Atlântica” e outros projetos visitados pela Agroicone têm menos de oito anos, ou seja, são muito recentes e as colheitas ainda não foram realizadas. Assim, há um longo caminho pela frente até que o plantio de espécies nativas esteja no mesmo patamar do eucalipto e do pinus.

Para o modelo de plantio de mudas, foram consideradas 1.111 mudas por hectare, no espaçamento de 3x3m. As espécies foram divididas em madeiras inicial, média e final, adaptado do Pacto.

Por se tratarem de plantios em linhas intercaladas com os diferentes tipos de madeiras, a colheita é exclusivamente por motosserra, pois não há espaço para os maquinários pesados de colheita florestal circularem nas linhas, bem como cortar, seccionar, arrastar e empilhar a madeira.

3.2.5.1 *Tipo das madeiras*

Madeira inicial: são espécies arbóreas nativas¹⁵, que têm ciclo de vida curto (até 20 anos), exigentes em luz (cresce a pleno Sol), apresentam crescimento rápido e geram condições para as espécies do ciclo seguinte. A madeira dessa classe tem menor valor econômico, pois geralmente é usada para lenha, carvão ou marcenaria leve

¹⁴ RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF; Piracicaba: ESALQ; Instituto BioAtlântica, 256 p., 2009.

¹⁵ A definição das espécies que serão utilizadas, sejam nativas ou exóticas, dependerá do bioma, da vegetação, do conhecimento e do comportamento silvicultural das árvores, além do objetivo do plantio e da destinação para a madeira em cada região. Para uma descrição detalhada de espécies, consultar o **Guia de Árvores com Valor Econômico em LITERATURA CONSULTADA.**

(caixotaria). Dependendo da destinação da madeira, podem ter ciclos entre 7 a 10 anos. Aqui se adotou um ciclo de 10 anos para lenha. Quando plantadas na linha em consórcio com a madeira final, tem somente a função de proporcionar condições ideais para essas e espera-se que, em 20 anos, morram naturalmente. São exemplos de espécies de madeira inicial: pau-pólvora, mutamba, cambará e pau-jacaré.

Madeira média: são espécies arbóreas nativas com ciclo de vida de 30 anos ou mais, que crescem em condições mais sombreadas que a madeira inicial e menos sombreadas que a madeira final. Dependendo da destinação da madeira, pode ter ciclo de corte de até 30 anos e tem maior valor econômico e podem ser utilizadas para serraria e poste. Conforme sugerido pelo Pacto, o ciclo é de 20 anos. Tem seu crescimento moderado. São exemplos de espécies de madeira média: canafístula, louro-pardo, araucária e ipê-tabaco.

Madeira final: são espécies arbóreas nativas com ciclo de vida que podem ultrapassar os cem anos. Crescem sempre à plena sombra e em ritmo muito lento. Geralmente tem alto valor comercial e a madeira é destinada para móveis de luxo, acabamentos e ambientes internos. O ciclo nos modelos considerados é de 40 anos. Alguns exemplos de espécies de madeira final: peroba-rosa, jequitibá-rosa, cedro, pau-brasil, jacarandá-da-bahia e braúna.

Eucalipto: espécie arbórea exótica, de origem australiana, de crescimento muito rápido, com grande sucesso silvicultural no Brasil. Essa espécie foi selecionada para, em alguns modelos, substituir a madeira inicial, reduzindo assim o ciclo de corte e custos de implantação. A madeira geralmente é destinada para lenha, carvão, poste e serraria. Ciclos podem ser de 6, 7 ou 15 anos, dependendo da destinação da madeira.

Para o Cerrado, há ainda menos informações de crescimento de espécies nativas regionais, o que torna ainda mais difícil estimar custos de plantio com aproveitamento econômico para este bioma.

3.3 Aplicação dos modelos e técnicas de restauração florestal nos diferentes potenciais de regeneração natural e cenários econômicos

Os diferentes modelos e técnicas de restauração florestal consideradas nesse trabalho variaram com os três potenciais de regeneração natural e dois possíveis cenários econômicos. A **Figura 11** representa a visão geral da distribuição das técnicas e modelos em função dessas variáveis adotadas no estudo.

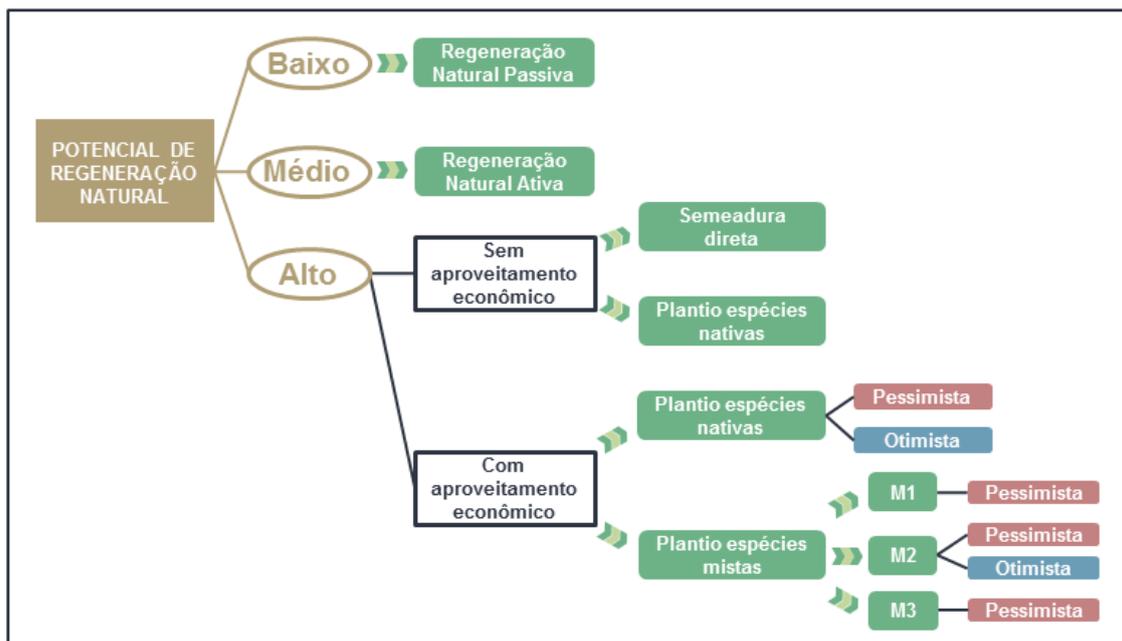


Figura 11: Fluxograma das técnicas de restauração florestal adotadas.

3.3.1 Alto potencial de regeneração natural

3.3.1.1 Técnica: Regeneração natural passiva

Em locais nos quais o potencial de regeneração natural é alto, adota-se a técnica de regeneração natural passiva. O custo dessa técnica é aqui apresentado como nulo, pois em locais com alto potencial de regeneração natural, a vegetação retorna espontaneamente, se encarregando da restauração florestal. Em algumas situações, pode ser necessário o uso de cerca, o que acarretará um custo que não foi considerado neste estudo. Tal custo dependerá da área a ser cercada e da presença ou não de gado na propriedade.

3.3.2 Médio potencial de regeneração natural

3.3.2.1 Técnica: Regeneração natural ativa

Em locais nos quais o potencial de regeneração natural é médio, a técnica de restauração florestal indicada é a de regeneração natural ativa. Os custos dessa técnica variam em função da declividade, visto que, para essa técnica, somente é adotada a aplicação de herbicida por três anos consecutivos, com três aplicações por ano e de maneira manual, utilizando a bomba costal. Os custos de operação de

controle das gramíneas são muito influenciados pela declividade, já que em declividades elevadas há um menor rendimento de aplicação por hectare e o trabalhador terá que subir e descer mais vezes para encher a bomba costal com herbicida¹⁶.

Assim, a faixa de custos varia entre as regiões em função da variação do preço das operações em cada área, bem como também das condições de declividade e precipitação predominantes em cada região.

Ressalta-se a necessidade de uma avaliação do potencial de regeneração de cada local a ser restaurado, pois a realização da restauração florestal por meio das técnicas de regeneração natural passiva e de regeneração natural ativa depende diretamente do potencial de regeneração natural.

3.3.3 Baixo potencial de regeneração natural

Em locais com baixo potencial de regeneração natural, faz-se necessária a aplicação de intervenções mais intensas e que requerem um maior investimento financeiro para a promoção da restauração florestal. Para esses locais, além do modelo de restauração sem aproveitamento econômico, consideramos também um modelo de restauração com aproveitamento econômico.

Sem aproveitamento econômico

Na restauração sem aproveitamento econômico, duas técnicas são consideradas: semeadura direta e plantio de mudas de espécies nativas.

3.3.3.1 Técnica: Semeadura direta

A semeadura direta mecanizada para restauração florestal só é aplicável na menor declividade (<12%). A utilização de maquinários agrícolas para plantios de sementes florestais ajuda a reduzir os custos de implantação, aumenta o rendimento do plantio hectare/dia e o próprio produtor rural pode executá-la de maneira autônoma, com uma orientação prévia. Essa técnica dispensa a irrigação, se realizada no início do período chuvoso. Como essa técnica só é aplicável em baixa declividade (condições A e B) e não há necessidade de irrigação, o custo não varia dentro de uma mesma região. A variação do custo da semeadura direta ocorre somente entre as regiões, em função da variação nos custos das operações¹⁷.

¹⁶ Com relação à segurança e à saúde do trabalhador no campo, devido ao uso de agrotóxicos, deve-se destacar que tanto o empregador quanto o empregado devem seguir os requisitos e padrões de proteção da Norma Regulamentadora 31, do Ministério do Trabalho e Emprego (NR 31 MTE), a qual tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho, inclusive com uso de equipamentos de proteção individual (EPI). NR 31 disponível em <http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR31.pdf>.

¹⁷ Os custos das sementes foram baseados nos valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia, onde existem experiências com muvuca e com formação de pontos de coleta de sementes florestais.

3.3.3.2 Técnica: Plantio de mudas de espécies nativas

Existem muitos fatores que podem fazer o custo da técnica de plantio de mudas de espécies nativas variar, como: mão de obra, preço da muda, condições físico-ambientais, entre outros. No entanto, os principais fatores são a declividade e a precipitação. A declividade, como dito anteriormente, afeta diretamente os rendimentos das operações. Enquanto a precipitação afeta o custo de plantio, pois mais irrigação é necessária em regiões com precipitação menor que 1200 mm/ano. O plantio de mudas, dentre as técnicas aqui sugeridas, é o mais oneroso, pois demanda mão de obra, mudas e, nas declividades 12-20% e >20%, as operações de plantio e manejo têm rendimentos menores, logo, será mais custosa nessas atividades.

Com aproveitamento econômico

3.3.3.3 Técnica: Plantio de mudas

Para esse cenário, foram considerados quatro modelos:

- a) Um com espécies nativas, denominado neste estudo como “Árvore nativas”;
- b) Três modelos com espécies nativas e exóticas, denominados:
 - M1: Modelo árvores mistas 1
 - M2: Modelo árvores mistas 2
 - M3: Modelo árvores mistas 3

As principais diferenças entre os modelos dizem respeito à combinação entre os tipos de madeira e os anos de colheita e replantio.

Tabela 6: Ciclos e produtos dos diferentes modelos de plantios de mudas com aproveitamento econômico, para projetos de restauração com horizontes de 40 anos.

Modelo	Ano 6	Ano 7	Ano 10	Ano 15	Ano 20	Ano 30	Ano 35	Ano 40
Árvores nativas	-	-	Inicial	-	Média	Média	-	Final
M1	-	Lenha (Talhadia)	-	Lenha	Média	-	Média	Final
M2	Lenha	-	-	Serraria	Média	-	Média	Final
M3	-	-	Lenha	-	Média	Média	-	Final

Para esses modelos, foram calculados o VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno). A Taxa Mínima de Atratividade real (TMA - também citada como taxa de desconto real) utilizada neste trabalho foi de 4% (10% de taxa Selic e 6% de inflação). Detalhamentos dos modelos propostos são apresentados no **Apêndice 5**.

Assim, comparando a TMA com os resultados de TIR (Taxa Interna de Retorno) dos modelos analisados, assumiu-se 3 faixas de atratividade dos projetos analisados:

- (i) Os modelos com TIR abaixo de 4% que, conseqüentemente, apresentam VPLs (Valor Presente Líquido) negativos, não são economicamente viáveis.

- (ii) Aqueles que apresentam TIR entre 4 e 7,9% (VPLs positivos) são considerados investimentos de baixa rentabilidade, mas a sua empregabilidade dependerá do perfil do próprio investidor.
- (iii) Modelos com TIR acima de 8% são aqueles que, nesse estudo, são considerados como economicamente atrativos, se comparados aos demais.

3.4 Operações, custos e rendimentos das técnicas de restauração florestal

Os custos de um projeto de restauração florestal incluem:

- Diagnóstico e planejamento para definir técnicas e atividades da restauração florestal em função das condições da área e do objetivo da floresta;
- Custos operacionais, que incluem insumos e mão de obra para conduzir as atividades necessárias para implantação;
- Gestão e monitoramento.

Neste trabalho, foram estimados apenas os custos operacionais de insumos e manutenção da restauração florestal até que a floresta esteja estabelecida. Não estão inclusos nas estimativas apresentadas neste estudo: o diagnóstico ambiental (agrupado em custos de gestão, incluindo o planejamento), a gestão e o monitoramento – atividades, geralmente, realizadas por mão de obra especializada, como biólogos ou engenheiros florestais.

Muitos produtores contratam empresas para realizar a restauração florestal - muitas vezes vinculada com o processo de licenciamento ambiental. Essas organizações já cobram por todos os serviços envolvidos na restauração e incluem custos de impostos, taxas, margem de segurança e lucro. Os custos operacionais aqui estimados não englobam o valor cobrado pela prestação desses serviços de consultoria.

Vale ressaltar que os custos de gestão (incluindo diagnóstico e monitoramento) de plantio apresentam expressivos ganhos de escala, de maneira muito mais significativa do que os custos operacionais. Assim, haverá uma redução no custo total com o ganho de escala da restauração, pois é menos oneroso para o produtor rural contratar diagnóstico e monitoramento para 100 hectares do que 10 hectares. Quanto maior for a área a ser restaurada, menor serão os custos destas atividades especializadas, como mostra a tabela a seguir (**Tabela 7**).

Tabela 7: Custos de atividades especializadas da restauração florestal em diferentes escalas de implantação do projeto de restauro florestal.

Atividade	Custo 1 hectare	Custo > 50 hectares	Custo > 100 hectares
Diagnóstico ambiental* (R\$ /ha)	R\$ 500,00	R\$ 300,00	R\$ 100,00
Monitoramento do plantio* (R\$ /ha)	R\$ 500,00	R\$ 300,00	R\$ 100,00

* Independente da técnica adotada, o diagnóstico prévio da área e o monitoramento do plantio são fundamentais para o sucesso da restauração.

3.4.1 Operações e rendimentos

Uma das grandes dificuldades para estabelecer custos de restauração florestal é a falta de informação sobre os rendimentos das operações, especialmente em áreas com declividades acentuadas (**Tabela 8**). Os rendimentos para declividades baixas (<12%) foram baseados nos números do estudo Pacto pela Restauração da Mata Atlântica¹⁸. Os rendimentos para as declividades média (12-20%) e alta (>20%) foram estimados a partir de visitas de campo e entrevistas com empreiteiros florestais.

Os rendimentos que envolvem as operações do plantio de mudas são diretamente influenciados por:

- I) Declividade: quanto mais íngreme o terreno, menor o rendimento do trabalhador e, conseqüentemente, mais tempo para executar a função (**Tabela 8**);
- II) Experiência do trabalhador na atividade: quanto mais tempo de atividade tiver o trabalhador em uma determinada função ou operação, mais rápido ele executará o serviço, admitindo-se, assim, menos tempo em campo e menos custos. Neste trabalho, considerou-se trabalhadores com boa experiência em plantios florestais.



Figura 12: Área com alta declividade (>20%).

Exemplo de área declivosa (>20%), onde certamente as atividades que envolvem as operações florestais não terão os mesmos rendimentos do que em uma área com menor declividade.

¹⁸ RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF; Piracicaba: ESALQ; Instituto BioAtlântica, 256 p., 2009.

Tabela 8. Operações envolvidas nos plantios de mudas nas diferentes declividades e com baixo potencial de regeneração natural.

Atividade	Modo de execução	Equipamento + MO	Declividade	Declividade	Declividade
			0-12%	12-20%	>20%
Limpeza da área	Mecanizada	Trator 80hp + roçadeira	x	-	-
	Semi-mecanizada	Motorroçadeira*	-	x	x
	Manual	Enxada	-	x	x
Aplicação de Herbicida	Mecanizada	Trator 80HP + pulverizador	x	-	-
	Manual	Bomba costal 20 L	-	x	x
Preparo do solo	Subsolagem na linha	Trator de 100 hp + subsolador	x	-	-
	Coveamento semi-mecanizado	Motoperfuradora*	x	-	-
	Coveamento manual	Enxada	x	x	x
Adubação de base	Mecanizada	Trator 65hp + carreta agrícola	x	-	-
	Manual	Dosador + chucho	-	x	x
Plantio	Mecanizado	Trator 80 hp + Calcareadeira**	x	-	-
	Semi-mecanizado	Trator 65 hp + carreta agrícola	x	-	-
	Manual	Trabalhador	x	x	x
Irrigação	Manual	Trabalho	x	x	x
	Semi-mecanizado	Trator 65 hp + pipa	x	-	-
Replântio	Manual	Trabalhador	x	x	x
	Semi-mecanizado	Trator 65 hp + carreta agrícola	x	-	-
		Trabalhador		x	-
Controle de formiga	Manual	Trabalhador	x	x	x

*É possível executar a atividade na declividade correspondente, porém não está computado nos custos.

**Considerando somente em semeadura direta a lanço.

Para a declividade <12% considerou-se o máximo de atividades mecanizadas das operações sugeridas neste estudo. Consideramos que nas declividades (12-20%) e >20% todas as atividades serão manuais, porém, esse não é um parâmetro engessado, pois, dependendo da condição da área a ser restaurada, alguma atividade aqui sugerida como manual pode vir a ser mecanizada.

3.4.2 Preços dos insumos, mão de obra e madeira

As informações de valores monetários (preços, salários, custos etc.) dos fluxos de caixa foram retiradas de diferentes fontes de pesquisa. As tabelas com as fontes de tais valores especificados podem ser encontradas no apêndice 2 deste relatório.

Observa-se que os preços de eucalipto em pé tiveram como referência os preços coletados para o Estado de São Paulo, do Instituto de Economia Agrícola (IEA)¹⁹. O IEA considera quatro tipos de uso para o eucalipto, que se relacionam diretamente com a sua densidade e, conseqüentemente, a idade da árvore no período de corte. São eles (em ordem crescente de preço de venda): uso para energia (lenha), processo (celulose e outros), tratamento e serraria.

Para os preços de madeira nativa em pé, observou-se uma escassez muito grande de informações, junto com uma grande variação de preços. Logo, seguiu-se os cenários “pessimista” e “otimista” do trabalho do Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS)²⁰. A consulta direta a madeireiras, serrarias e agentes de mercado também representa uma contribuição para a confiabilidade do cenário de preços de madeira. Ainda assim, sabe-se que tal variável é bastante instável, pois apresenta grande volatilidade e é influenciada por inúmeros fatores nas diferentes regiões do Brasil. O próprio aumento da oferta de madeira, ao colocar áreas de Reserva Legais em produção, potencialmente diminuiria o preço de equilíbrio de mercado, em magnitude ainda não estimada.

No que se refere aos salários de mão de obra, a literatura analisada trazia valores de salários líquidos ou brutos. Para os que estavam como líquidos, acrescentou-se a carga tributária média incidente sobre a folha de pagamento do trabalhador rural. Os valores encontrados em trabalhos de anos anteriores foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC).

Os valores de hora/máquina para tratores de diferentes potências, na presença de diferentes implementos, foram baseados nos custos de produção agrícola divulgados periodicamente pela Federação de Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG). Observa-se que, aos preços de hora-máquina base definidos, foram somados os salários correspondentes a “atividades mecanizadas” de cada uma das regiões foco do presente estudo.

Por fim, os custos com mudas nativas foram extraídos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)²¹, os quais foram comparados com cotações em viveiros realizadas pelos autores. Já os custos das sementes foram baseados nos valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia, onde existem experiências com semeadura direta e com formação de pontos de coleta de sementes florestais.

¹⁹ Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/out/florestas.php>

²⁰ STRASSBURG, B.B.N. et al. Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica. Relatório técnico. Instituto Internacional para Sustentabilidade. 2014, 64 p.

²¹ SILVA, A. P. M. da. et al. **Diagnóstico da Produção de Mudas Florestais Nativas no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2015.

3.4.3 Produtividade de madeira

Para os rendimentos da produção de eucalipto, foram consultadas empresas especializadas das regiões foco e literatura. A produção adotada para o eucalipto para lenha é de 70 m³ entre o sexto e o sétimo ano e, para serraria, é de 150m³ no 15° ano. Essa produtividade foi baseada em um Incremento Médio Anual (IMA) de 10m³/ha/ano para 555 árvores por hectare, que representa um valor conservador, dada à grande variação de produtividade do eucalipto nas regiões estudadas e também não se sabe se o comportamento silvicultural da espécie australiana será o mesmo quando plantada em consórcio com árvores nativas.

Os rendimentos de produção das madeiras nativas foram extraídos do relatório técnico “Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica”²², do IIS. Rendimentos de produção de madeira de árvores nativas são bastante escassos ou restritos, em relação a algumas espécies, regiões e em sistemas de monocultivo.

Para as espécies nativas, o incremento médio anual foi baseado em literatura, artigos e consultas a profissionais especializados em silvicultura tropical. Dada à dificuldade e às incertezas sobre produtividade de madeiras nativas, consideramos dois cenários: otimista, com maior produtividade, e pessimista, com menor produtividade (Tabela 9).

Tabela 9: Ciclos e incrementos médios anuais (m³/ha/ano) nos cenários Pessimista e Otimista dos diferentes tipos de madeiras.

Madeira	Ciclo (anos)	IMA pessimista (m ³ /ha/ano)	IMA otimista (m ³ /ha/ano)
Eucalipto - lenha*	6 a 7	10,00	10,00
Eucalipto - lenha*	10	15,00	15,00
Eucalipto - serraria*	15	10,00	10,00
Inicial	10	15,00	15,00
Média 1° Ciclo	20	4,14	5,17
Média 2° ciclo	20	8,272	10,34
Final	40	1,03	1,29

*A produtividade do eucalipto e das madeiras iniciais não se altera nos cenários Otimista e Pessimista.

Para os modelos de restauração com aproveitamento econômico Árvores nativas e Árvores mistas 2 (M2), foram criados dois cenários teóricos de mercado. O primeiro Pessimista, no qual a produção de madeira por hectare é mínima e o valor por metro cúbico em pé é igualmente baixo. Já no Cenário Otimista para esses dois modelos, os

²² STRASSBURG, B.B.N. *et al.* Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica. Relatório técnico. Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS). 2014, 64 p.

valores de produtividade ($m^3/hectare$) e valor da madeira em pé são mais altos. A adoção desses dois cenários deve-se ao fato de haver muitas incertezas no mercado de madeiras, quais sejam:

- I) O preço da madeira nativa oriunda de florestas plantadas, haja visto que os preços de madeiras nativas hoje são baseados na região da Amazônia;
- II) Não existir polos madeireiros para beneficiar as madeiras - os que existem hoje atendem apenas eucalipto, pinus e madeira com dimensões maiores;
- III) Mercado de madeira nativa concentrado em manejo na Amazônia (e não em plantios no Centro-Sul);
- IV) Baixo conhecimento do comportamento silvicultural (adubação, espaçamento, qualidade da semente, qualidade genética) e comportamento das espécies nativas (curva de crescimento) para diferentes condições ambientais;
- V) Preço da madeira em pé e de produtividade variam entre regiões (no Cerrado, o incremento médio anual provavelmente seja menor se comparado com o da Amazônia e o da Mata Atlântica).

Com todas essas questões, dúvidas e incertezas, fez-se necessário a adoção dos cenários Otimista e Pessimista para observar o comportamento dos retornos dos modelos com aproveitamento econômico.

4 RESULTADOS: VARIAÇÃO DOS CUSTOS EM CADA REGIÃO

4.1 São Paulo

No território do Estado de São Paulo, áreas com declividade baixa representam ≈70% do Estado, sendo que destes, 50% apresentam precipitação alta e 20%, precipitação baixa. Uma área menor, mas ainda expressiva (≈15%), com declividade e precipitação altas, ocorre na porção leste do Estado.

Os custos de cada técnica de restauração florestal nas diferentes condições físico-ambientais (combinações entre declividade e precipitação) são apresentados na **Figura 13**. Essas condições são representadas pelas letras de A a F.

Para grande parte do território paulista (≈70%), o custo da restauração florestal com a técnica de **regeneração natural ativa** está entre R\$ 800/ha e R\$ 902/ha (condições A e B, respectivamente), sendo a menos onerosa para as extensões onde o potencial de regeneração natural é médio.

Em locais com baixo potencial de regeneração natural e passíveis de mecanização (declividade < 12% - condições A e B que, somadas, equivalem a 70% do território), a técnica de restauração florestal menos onerosa é a **semeadura direta**. O custo médio dessa técnica é de R\$ 3.585/ha²³.

Nos locais onde a semeadura direta não é aplicável (condições C-F, ≈30% do Estado de São Paulo), o plantio de mudas é necessário para a execução da restauração florestal.

Para o modelo **plantio de mudas** de espécies nativas sem aproveitamento econômico, o custo varia entre R\$ 8.349/ha (condição B) e R\$ 17.524/ha (condição E), com valores negativos de VPL.

Na restauração florestal para modelos de plantio de mudas com aproveitamento econômico, no Cenário Pessimista de preço de venda e produtividade da madeira, somente as condições A e B do modelo **árvores mistas 2** apresentam VPLs positivos (consequentemente, TIR acima da taxa de retorno, contudo abaixo de 8%). Portanto, todos os demais modelos nesse cenário são inviáveis economicamente em todas as condições físico-ambientais. Já no Cenário Otimista, contemplado nos modelos **árvores nativas** e **árvores mistas 2**, os VPLs são positivos em todas as condições. A tabela completa com todos os custos, VPL e TIR pode ser encontrada no **Apêndice 5**.

²³ Os custos das sementes foram baseados nos valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia, onde existem experiências com semeadura direta e com formação de pontos de coleta de sementes florestais.

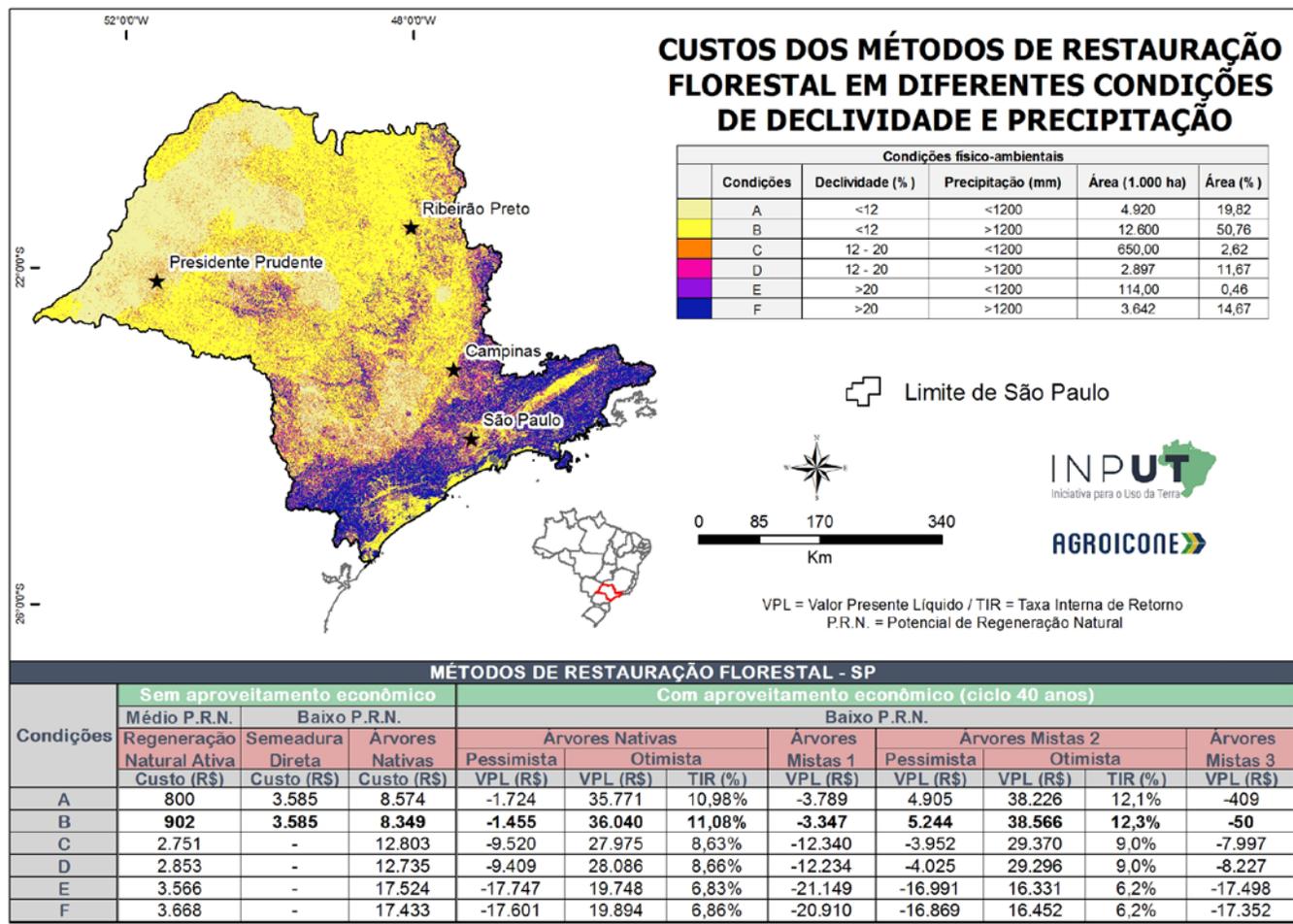


Figura 13: Custos (R\$ /ha), VLP (R\$ /ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de São Paulo, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).

4.2 Mato Grosso do Sul

O Estado de Mato Grosso do Sul, em sua grande maioria ($\approx 98\%$ de toda sua extensão), está dentro das condições físico-ambientais A e B (baixa declividade, correspondendo, respectivamente, a 8 e 90% da extensão total do Estado). Sendo assim, quase que em toda sua totalidade, o Mato Grosso do Sul é passível de mecanização.

Os custos de cada técnica de restauração florestal nas diferentes combinações, entre declividade e precipitação (condições físico-ambientais), são apresentados na **Figura 14**.

Pensando somente nos custos, a **regeneração natural ativa** se mostra a menos onerosa para o Mato Grosso do Sul e também para as demais regiões apresentadas neste trabalho. Para o Estado em questão, o custo da restauração florestal com essa técnica é de R\$ 858/ha para a maior parte do território (condição B). Vale ressaltar que essa técnica só é possível de ser empregada caso a área a ser restaurada tenha potencial de regeneração médio ou alto.

Para as regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e passível de mecanização, a **semeadura direta** é a técnica mais indicada e aplicável em praticamente todo o Mato Grosso do Sul ($\approx 98\%$; condições A e B) e seu custo médio é de R\$ 3.281²⁴ por hectare.

Para as regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e não é passível de mecanização, o plantio de mudas se faz necessário. A técnica de plantio de mudas nativas, num modelo sem aproveitamento econômico, em regiões que requerem atividades manuais (não mecanizáveis), possui custo variado entre R\$11.639 (condição D) e R\$14.608 (condição E) por hectare.

Na restauração florestal com modelos de plantio de mudas com aproveitamento econômico, no Cenário Pessimista de preço de venda e produtividade da madeira, somente as condições A e B do modelo **árvores mistas 2** apresentam VPLs positivos (consequentemente, TIR acima da taxa de retorno, contudo abaixo de 8%). Já no Cenário Otimista, contemplado nos modelos **árvores nativas** e **árvores mistas 2**, os VPLs são positivos em todas as condições e suas TIRs variam entre 8 e 11,8%. Visto que o investimento começa a ser avaliado como atrativo financeiramente quando apresenta TIR a partir de 8%, em um Cenário Otimista, esses modelos seriam viáveis em todas as condições em Mato Grosso do Sul. A tabela completa com todos os custos, VPL e TIR pode ser encontrada no **Apêndice 5**.

²⁴ Os custos das sementes foram baseados nos valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia, onde existem experiências com semeadura direta e com formação de pontos de coleta de sementes florestais.

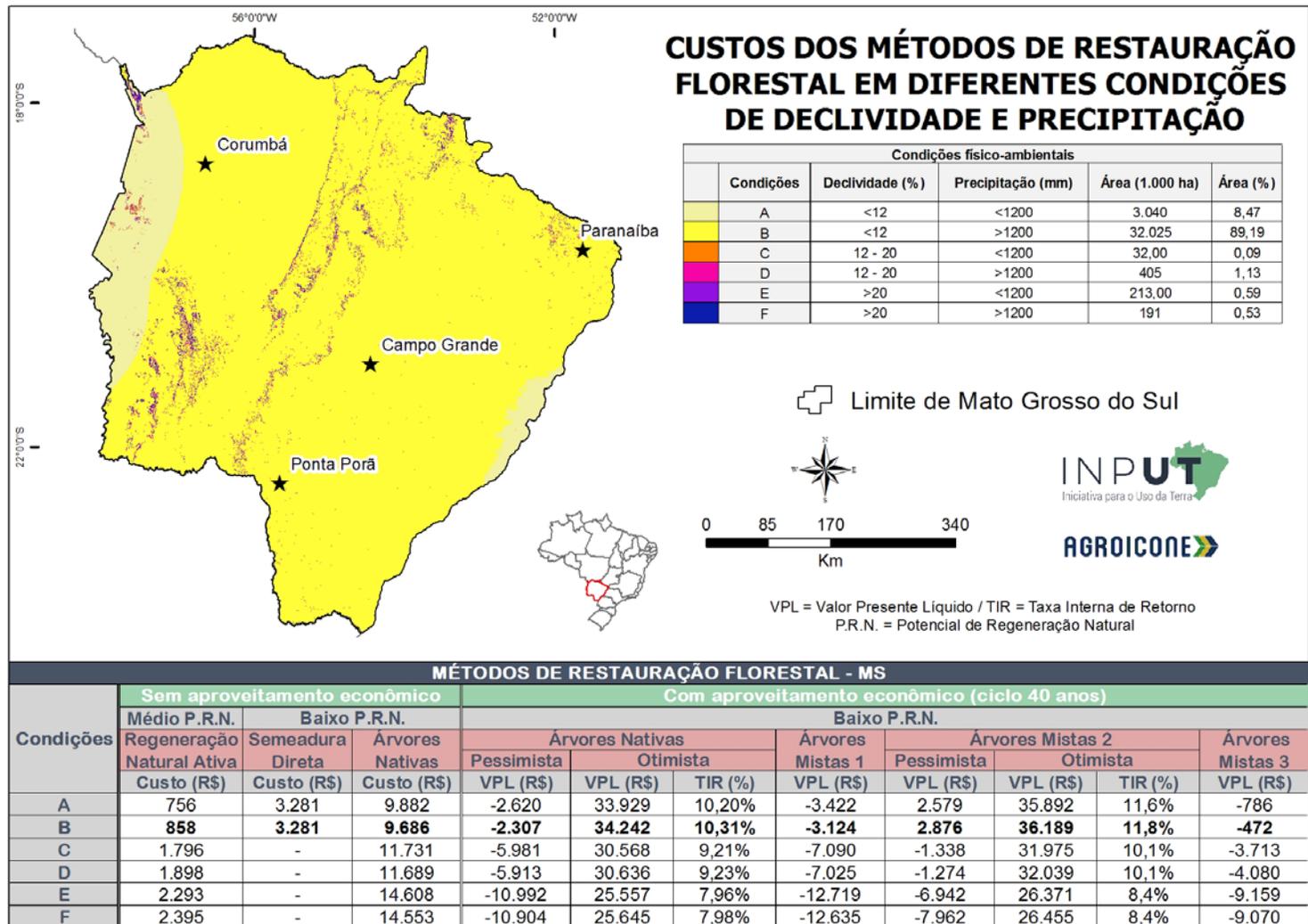


Figura 14: Custos (R\$ /ha), VLP (R\$ /ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de Mato Grosso do Sul, em cada combinação entre de declividade e precipitação (condições A e F).

4.3 Mato Grosso e região da Bacia do Tapajós (Pará)

No Estado de Mato Grosso, as áreas com declividade baixa e precipitação alta (condição físico-ambiental B) representam 89% e há uma pequena porção ($\approx 6\%$) com declividade média e precipitação elevada (condição D) (**Figura 15**). Dessa forma, a grande maioria do território mato-grossense é passível de mecanização e não necessita de irrigação.

Toda a região da Bacia do Tapajós (Pará) está sob alta precipitação ($>12\%$), assim, ocorrem somente as condições B, D e F, ou seja, as condições A, C e E (referentes a regiões com precipitação < 1200 mm) foram desconsideradas para a região. A maior parte do território possui declividade baixa (condição B; $\approx 70\%$) e o restante da área está dividido entre declividade média (condição D) e alta (condição F). Dessa forma, toda a região dispensa o uso da irrigação e $\approx 70\%$ da região é passível de mecanização (**Figura 16**).

Para a região da Bacia do Tapajós, considerou-se os mesmos custos e preços de Mato Grosso, assim, os resultados de custos e retornos dos modelos estudados são iguais para ambas as regiões (considerando as condições B, D e F).

Para as extensões onde o potencial de regeneração natural é médio ou alto, indica-se a técnica de **regeneração natural ativa**, que possui custo médio de R\$ 876/ha para a condição B (maior parte do Estado e da região). Dados do Terraclass 2012 (INPE) indicam que há um grande potencial de regeneração natural na porção de Mato Grosso localizada no bioma Amazônia, o que significa que esta técnica deve ser amplamente utilizada para a restauração florestal na região.

Regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e declividade baixa, a **semeadura direta** é a técnica mais barata, com custo médio de R\$ 2.342/ha para as condições A e B.

Locais onde a mecanização não é possível, o plantio de mudas é necessário. O custo médio para a condição D do **plantio de mudas de espécies nativas**, no modelo sem aproveitamento econômico, é de R\$ 11.515/ha. Como o déficit de Reserva Legal em Mato Grosso é estimado em 5,8 milhões de hectare²⁵, técnicas mais baratas devem compor a estratégia estadual para sanar esse passivo.

Na restauração florestal com plantio de mudas com aproveitamento econômico, no Cenário Pessimista de preço de venda e produtividade da madeira, somente as condições A e B do modelo **árvores mistas 2** apresentam VPLs positivos (TIR acima da taxa de retorno, contudo abaixo de 8%). Já no Cenário Otimista, contemplado nos modelos **árvores nativas** e **árvores mistas 2**, os VPLs são positivos em todas as condições e as TIRs variam de 8,1 a 10,4% e 7,5 a 11,5%, respectivamente. São retornos de maneira geral bem positivos, o que indica que, com boa produtividade e preços consistentes de madeira, a atividade produtiva na Reserva Legal pode ser lucrativa (considerando taxa de desconto de 4%). A tabela completa com todos os custos, VPL e TIR pode ser encontrada no **Apêndice 5**.

²⁵ Soares-Filho et al. 2014

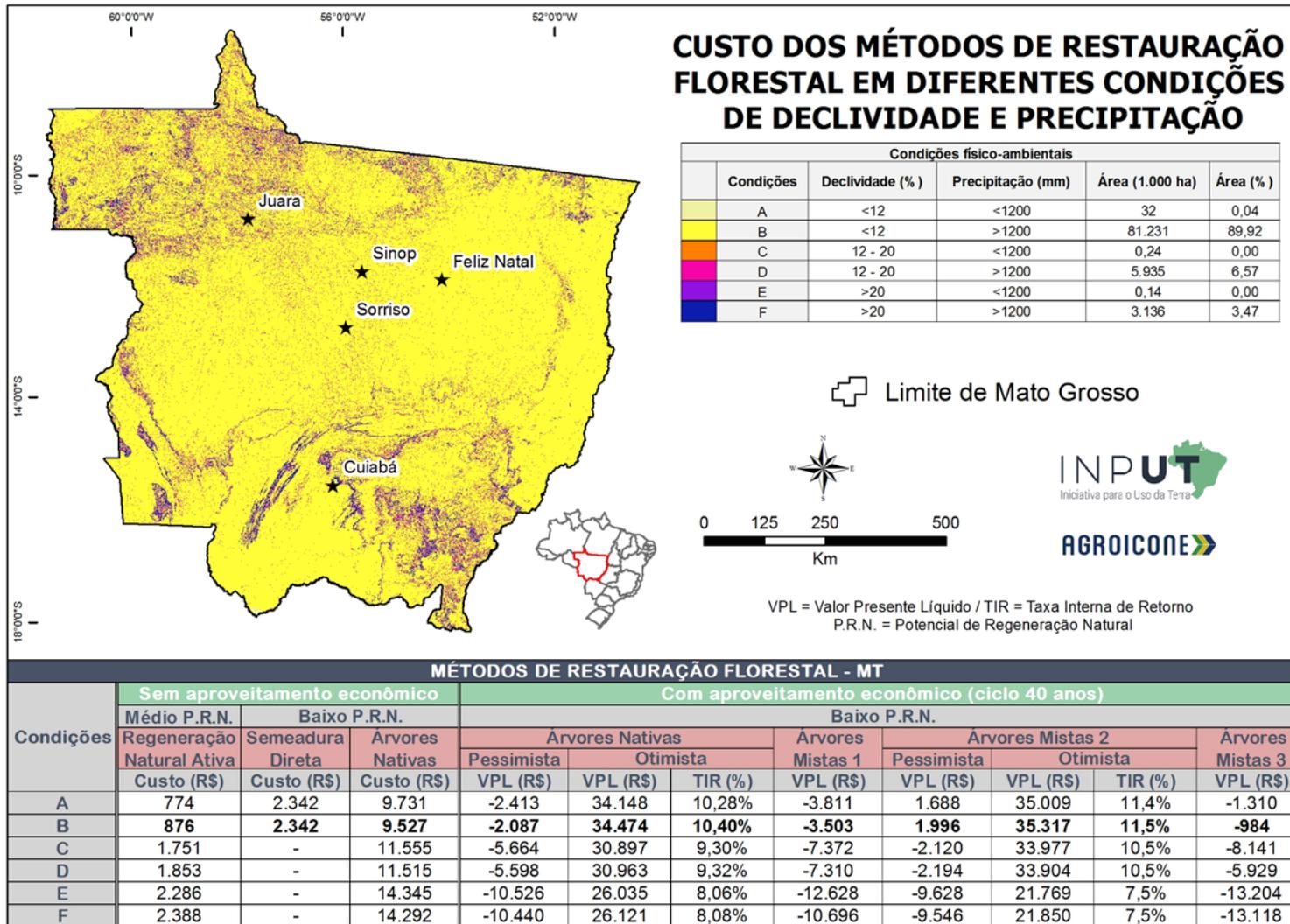


Figura 15: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para o Estado de Mato Grosso, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).

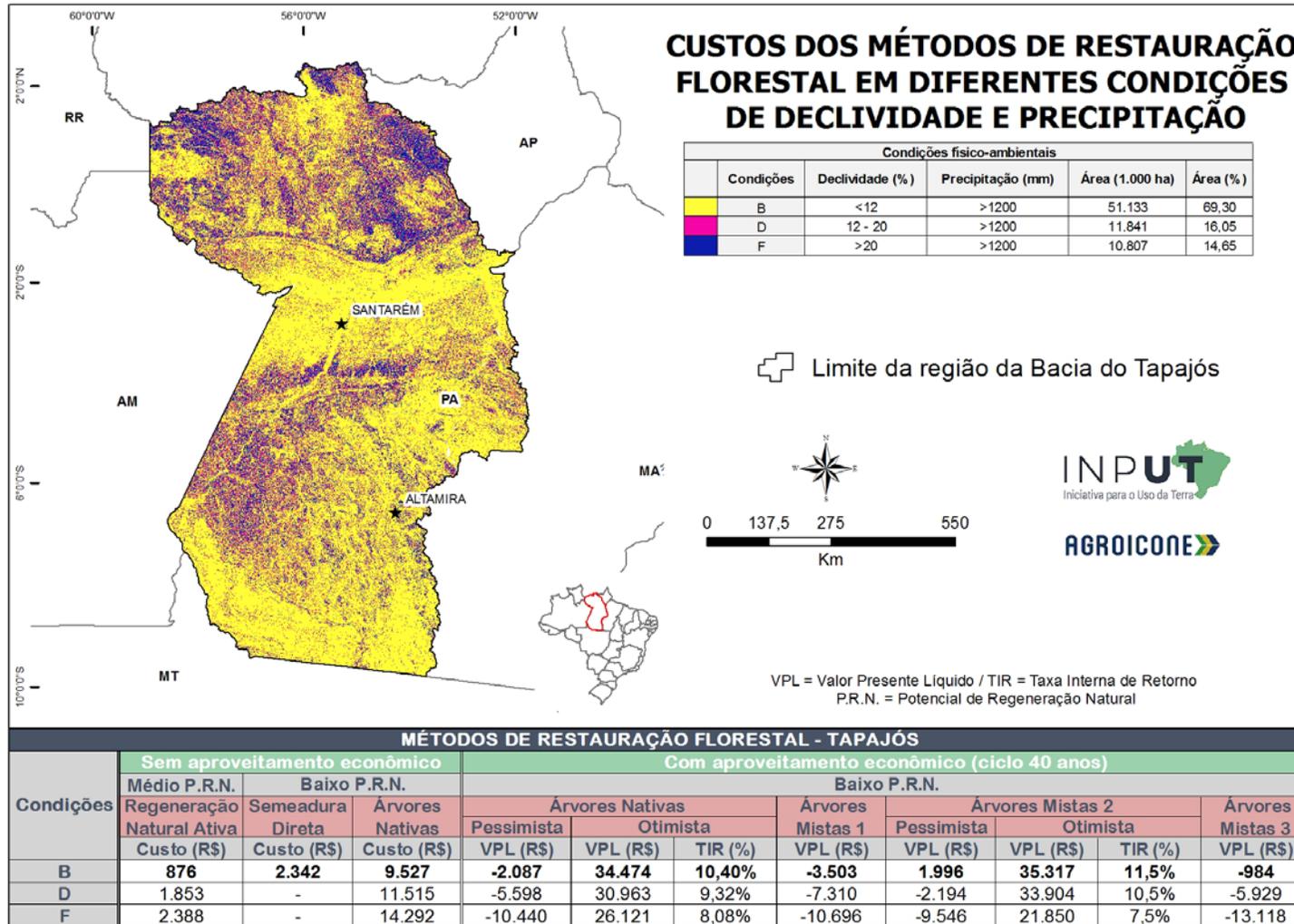


Figura 16: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para a região da Bacia do Tapajós (Pará), em cada combinação entre declividade e precipitação (condições B, D, F).

4.4 Matopiba

A região do Matopiba contempla quatro estados (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e, em sua maior parte, está inserida no bioma Cerrado. Aproximadamente, 87% do seu território possui declividade baixa (entre 0 e 12%), dos quais 62% possui precipitação alta e 25% possui precipitação baixa (condições físico-ambientais B e A, respectivamente) (**Figura 17**).

Os custos de cada técnica de restauração para as diferentes condições físico-ambientais (representadas pelas letras A-F) são apresentados na **Figura 17**.

Levando em consideração somente os custos, a técnica de **regeneração natural ativa** é a mais indicada para a região e apresenta custo médio de R\$ 874/ha para a maior parte do Estado (condição B).

Para as regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e passível de mecanização, a **semeadura direta** é a técnica mais indicada e aplicável em praticamente 90% da região (condições A e B) e seu custo médio é de R\$ 3.302²⁶ por hectare.

Para as regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e não é passível de mecanização, o plantio de mudas é necessário. Este custo está entre R\$ 8.036/ha (condição B) e R\$ 13.092/ha (condição E), com uso de espécies nativas sem retorno econômico.

Para os modelos de plantio de mudas com aproveitamento econômico, no Cenário Pessimista de preço e produtividade da madeira, somente as condições A e B do modelo **árvores mistas 2** apresentam VPLs positivos (consequentemente, TIR acima da taxa de retorno). Já no Cenário Otimista, os VPLs são positivos em todas as condições e as TIRs variam de 8,6 a 11,4% no modelo de **árvores nativas** e 8,8 a 12,8% no modelo de **árvores mistas 2**. No Cenário Otimista, estes modelos podem ser considerados atrativos do ponto de vista financeiro, comparados aos demais, especialmente nas declividades média e baixa. A tabela completa com todos os custos, VPL e TIR pode ser encontrada no **Apêndice 5**.

²⁶ Os custos das sementes foram baseados nos valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia, onde existem experiências com semeadura de sementes e com formação de pontos de coleta de sementes florestais.

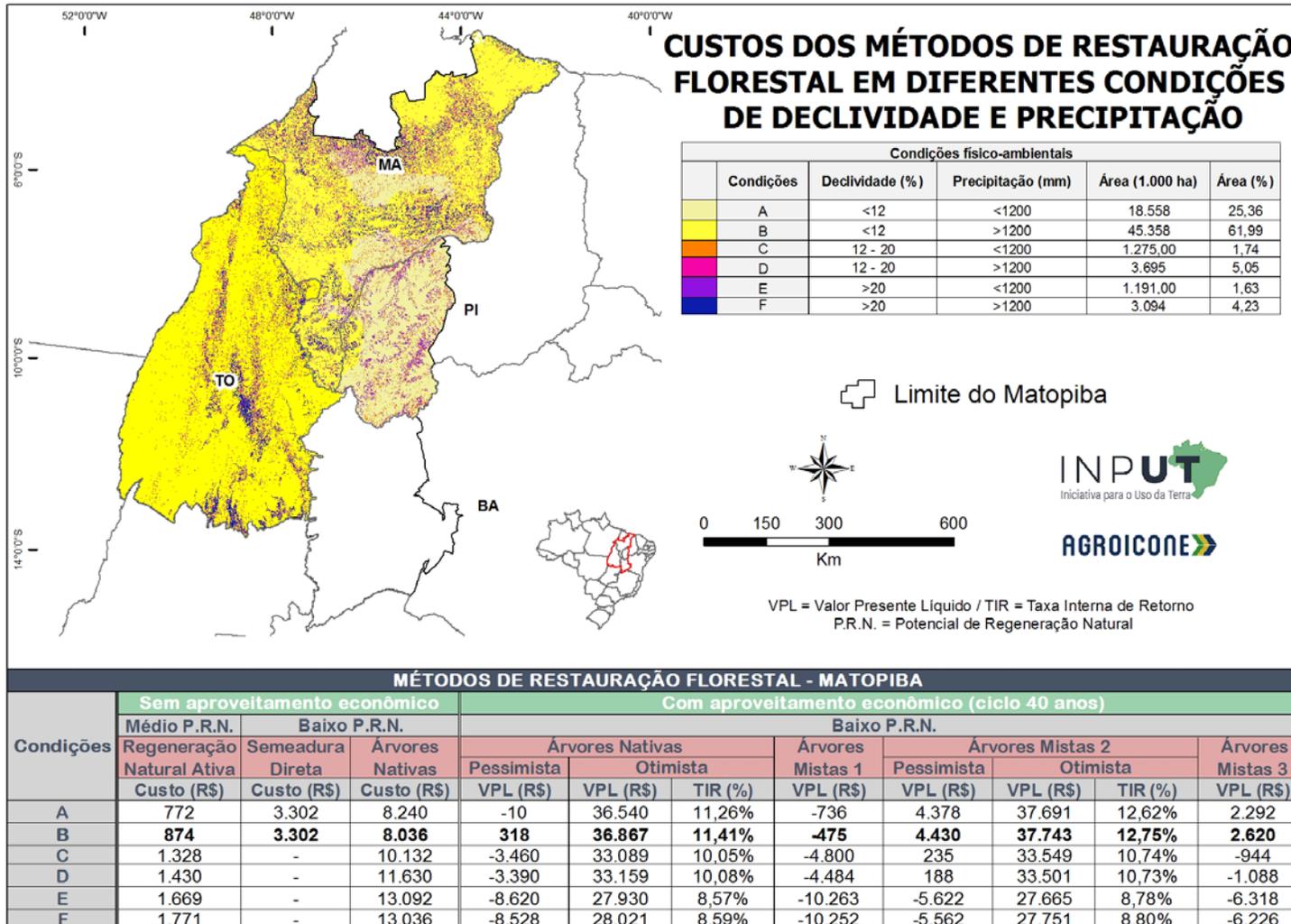


Figura 17: Custos (R\$/ha), VLP (R\$/ha) e TIR (%) das técnicas de restauração florestal para os diferentes cenários de potencial de regeneração natural para a região do Matopiba, em cada combinação entre declividade e precipitação (condições A a F).

4.5 Considerações gerais sobre os custos e retornos das técnicas de restauração

De modo geral, as técnicas sem aproveitamento econômico aqui selecionadas apresentam as seguintes variações de custos médios:

- Restauração com a técnica de regeneração natural ativa²⁷ varia de R\$ 756/ha a R\$ 3.668/ha nas regiões estudadas, em função dos preços dos insumos e mão de obra, assim como das condições físico-ambientais;
- Semeadura direta²⁸ apresenta custo médio de R\$ 2.970/ha;
- Plantio de mudas nativas sem aproveitamento econômico²⁹ custa entre R\$ 8.036/ha e R\$ 17.524/ha nas regiões estudadas, demonstrando claramente a forte influência das condições físico-ambientais nos custos de restauração florestal. Além disso, as operações de plantios, quando manuais, também influenciam muito nesses custos.

Assim, em locais onde o potencial de regeneração natural é médio, a técnica de restauração florestal (sem aproveitamento econômico) menos custosa é a **regeneração natural ativa**.

Já para as regiões onde o potencial de regeneração natural é baixo e passível de mecanização (declividade menor que 12%), a técnica menos onerosa é a **semeadura direta**. Somente as condições físico-ambientais A e B estão nessa faixa de declividade, entretanto, elas representam as maiores extensões de todas as regiões estudadas, chegando a 70% da área total em São Paulo e na região da Bacia do Tapajós; 90% em Mato Grosso e Matopiba e até 98% em Mato Grosso do Sul. Em Mato Grosso, essa técnica apresenta o menor custo médio (R\$ 2.342/ha), pois o Estado já possui uma rede de coletores de sementes e, conseqüentemente, mais experiência com a técnica, o que diminui custos com a aquisição desse insumo e com a mão de obra. Já na região do Matopiba, o custo médio dessa técnica é de R\$ 3.302/ha. No entanto, a região ainda dispõe de consideráveis fragmentos de vegetação nativa para a coleta de sementes, o que pode reduzir o custo da aplicação da técnica no território.

Para as áreas com baixo potencial de regeneração natural e não passíveis de mecanização, conseqüentemente, onde a semeadura direta mecanizada não é indicada, a técnica de plantio de mudas se faz necessária. No cenário sem aproveitamento econômico, para todas as regiões, a técnica de **plantio de mudas nativas** apresenta custos muito onerosos, mesmo que realizada de forma autônoma como aqui estimado. Assim, cabe ao produtor optar por esse modelo, com alto custo e realizado quase que exclusivamente para cumprimento legal (além dos benefícios

²⁷ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de regeneração natural ativa. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 2.423/ha; MS: R\$ 1.666/ha; MT: R\$ 1.655/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 1.706/ha; Matopiba: R\$ 1.308/ha.

²⁸ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de semeadura direta. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 3.585/ha; MS: R\$ 3.281/ha; MT: R\$ 2.342/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 2.342/ha; Matopiba: R\$ 3.302/ha.

²⁹ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de plantio de mudas sem aproveitamento econômico. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 12.903/ha; MS: R\$ 12.025/ha; MT: R\$ 11.828/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 11.778/ha; Matopiba: R\$ 10.694/ha.

ambientais), ou pelo plantio de mudas com aproveitamento econômico, que é um investimento com diversas incertezas produtivas e, conseqüentemente, financeiras.

No contexto da restauração florestal com aproveitamento econômico, os modelos avaliados neste estudo apresentam as seguintes variações de custos:

- Modelo árvores nativas varia entre R\$ 22.924/ha e R\$ 49.268/ha³⁰;
- Modelo árvores mistas 1 varia de R\$ 24.262/ha a R\$ 54.564/ha³¹;
- Modelo árvores mistas 2 apresenta custos entre R\$ 24.157/ha e R\$ 59.360/ha³²;
- Modelo árvores mistas 3 varia de R\$ 21.791/ha a R\$ 48.310/ha³³.

Com base nas análises financeiras, todas as condições nos modelos **árvores mistas 1**, **árvores mistas 3** e **árvores nativas** (Cenário Pessimista), assim como as áreas com declividade acima de 12% (condições C-F) do modelo **árvores mistas 2** (Cenário Pessimista), são consideradas inviáveis financeiramente para todas as regiões, pois apresentam valores negativos de VPL.

Nas condições A e B do modelo árvores mistas 2, no Cenário Pessimista, em todas as regiões, os valores de TIR também representam pouca segurança para um possível investimento. Nessas condições, os VPLs são positivos, mas os valores de TIR não ultrapassam 7%, representando um investimento de alto risco (rentabilidade vs. tempo de retorno).

Em contrapartida, no Cenário Otimista, os modelos **árvores nativas** e **árvores mistas 2** apresentam VPLs positivos para todas as condições físico-ambientais e em todas as regiões estudadas. Tais resultados indicam a sensibilidade da viabilidade econômica quanto à produtividade e ao preço da madeira, que ainda não podem ser estimados com precisão com base em literatura ou experiências de campo.

No entanto, para um investimento no setor florestal começar a ser avaliado como seguro, o projeto deve apresentar TIR real com valor igual ou maior que 8% (considerando taxa de desconto real de 4%). Assim, observa-se que o investimento em restauração florestal com aproveitamento econômico pode ser considerado atrativo economicamente para todas as regiões e condições físico-ambientais no Cenário Otimista dos modelos árvores nativas (exceto em declividades maiores que 20% para São Paulo) e árvores mistas 2 (exceto em declividades maiores que 20% para São Paulo, Mato Grosso e Bacia do Tapajós).

³⁰ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de plantio de mudas modelo árvores nativas. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 36.805/ha; MS: R\$ 32.929/ha; MT: R\$ 32.442/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 32.330/ha; Matopiba: R\$ 29.466/ha.

³¹ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de plantio de mudas modelo árvores mistas 1. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 40.647/ha; MS: R\$ 33.903/ha; MT: R\$ 33.312/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 33.200/ha; Matopiba: R\$ 31.547/ha.

³² Média dos custos de todas as regiões para a técnica de plantio de mudas modelo árvores mistas 2. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 41.717/ha; MS: R\$ 33.903/ha; MT: R\$ 34.358/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 34.291/ha; Matopiba: R\$ 31.556/ha.

³³ Média dos custos de todas as regiões para a técnica de plantio de mudas modelo árvores mistas 3. Custos médios de cada uma das regiões para essa técnica: SP: R\$ 35.710/ha; MS: R\$ 30.661/ha; MT: R\$ 34.127/ha; Bacia do Tapajós: R\$ 34.051/ha; Matopiba: R\$ 28.295/ha.

Uma das possíveis explicações para a ocorrência das exceções (onde a TIR é inferior a 8%) dentro dos modelos árvores nativas e árvores mistas 2 é a diferença entre valores de mão de obra nas regiões e estados analisados. São Paulo, mesmo tendo os menores valores de preço de mudas nativas, possui o maior custo de hora/homem e hora/máquina dentre todas as regiões. Já para o caso de Mato Grosso e região da Bacia do Tapajós, os valores de TIR abaixo de 8% podem ser explicados por dois principais fatores que acarretam em menores receitas e, conseqüentemente, em um menor retorno financeiro: alto preço de mudas nativas e baixos preços de venda de eucalipto, tanto para lenha quanto para serraria.

Vale ressaltar que, para os casos destacados anteriormente (exceções dos modelos árvores nativas e árvores mistas 2 – Cenário Otimista), embora a TIR não chegue a 8%, os valores de VPL ainda são positivos, ou seja, o projeto possui alguma rentabilidade. No entanto, para projetos num horizonte de 40 anos, esses valores representam pouca segurança para o investimento. Ainda assim, a viabilidade financeira do projeto pode ser muito discutida, dependendo do perfil do investidor, e não só dos valores em si.

Em um contexto mais geral, observa-se que quanto maiores os níveis de declividade, menor o retorno financeiro do investimento. No entanto, essas regiões com alta declividade são as mais elegíveis para a restauração florestal devido à maior vulnerabilidade ambiental dessas áreas, às restrições para certos cultivos agrícolas e a algumas obrigаторiedades impostas por lei. Em contrapartida, locais com menores níveis de declividade possuem maiores índices de retorno com modelos com aproveitamento econômico. Porém, esses locais são passíveis de mecanização e, além de concorrerem com agricultura, poderia ser adotada a técnica da semeadura direta (técnica com menores custos para regiões com potencial de regeneração natural baixo).

Por fim, melhores estimativas nos preços da madeira devem ser usadas para se ter segurança sobre rentabilidade do aproveitamento econômico da Reserva Legal. O aumento da oferta de madeira influenciaria o preço de mercado e, desta forma, uma análise mais robusta sobre essa interação é importante. A incorporação das dinâmicas dos mercados de madeira traria mais segurança para análise de viabilidade destes projetos.

4.6 Gargalos e soluções para a cadeia de restauração florestal

Atualmente, a falta de estruturação da cadeia de restauração florestal é um fator que colabora para o alto custo e para o baixo índice de implementação dessa atividade. Abaixo são listados os principais gargalos desta cadeia:

- **Baixa demanda por restauração florestal**, fazendo com que a cadeia não se desenvolva;
- **Baixo número de sementes de espécies nativas produzidas** para atender à diversidade de espécies exigida legalmente ou para suprir modelos com aproveitamento econômico;
- Para o caso específico da técnica de semeadura direta, a principal dificuldade é a **falta de sementes disponíveis em grandes quantidades** e consequente alto custo desse insumo;
- **Baixo número de viveiros florestais de espécies nativas**, gerando alto custo das mudas, principalmente na região Centro-Oeste. Não há informações de viveiros nos estados do Piauí, Maranhão e Tocantins; Pará possui, aproximadamente, cinco em todo o Estado;
- **Pouca divulgação do conhecimento técnico de restauração florestal** produzido por empresas e instituições de pesquisa;
- **Falta de informações sobre o comportamento silvicultural⁵ das espécies nativas regionais** (quais espécies, como, onde e quando plantá-las nas diferentes regiões);
- **Falta de mão de obra capacitada** para o plantio das mudas;
- Para modelos com aproveitamento econômico, a irregularidade no crescimento das espécies nativas por conta do uso de **matrizes sem melhoramento genético** representa uma incerteza sobre a produtividade;
- Menor incremento médio anual em função dos **baixos índices pluviométricos em algumas regiões**, principalmente no Matopiba, diminui a produtividade de madeira para serraria;
- **Ausência de incentivos financeiros** e outras contrapartidas econômicas voltadas a projetos de restauração florestal.

A seguir, são listadas algumas ações que podem contribuir para a estruturação da cadeia e, conseqüentemente, reduzir os custos da restauração florestal:

- **Ampliar os núcleos de coleta de sementes** constituídas por comunidades tradicionais, ribeirinhas e/ou rurais, que estão próximas a fragmentos florestais, como forma de descentralizar a atividade, reduzir os custos desse insumo, além de gerar renda secundária para essas comunidades;

- **Ampliar o número de viveiros florestais**, bem como as espécies produzidas, nos estados ou nas regiões que mais necessitam de ofertas de mudas, como forma de reduzir os custos desse insumo³⁴;
- **Disseminação do conhecimento sobre as diferentes técnicas de restauração florestal para os setores agropecuários** por meio de treinamento, palestras e orientação técnica para se apropriarem desse conhecimento e ganharem autonomia na execução do plantio;
- **Incentivo a plantios com finalidade econômica** distribuídos nas diferentes regiões e estados como forma de abastecer as necessidades das cadeias produtivas de cada região (mesmo sem a garantia de um aproveitamento econômico). Podemos apontar como exemplo a demanda por madeira para fins energéticos em Mato Grosso do Sul, principalmente nas agroindústrias de soja e carne bovina;
- Investimento do setor privado ou através de parcerias público-privadas em seleção e **melhoramento genético de espécies nativas** para haver um aumento da produtividade de modelos com aproveitamento econômico com espécies nativas no futuro;
- **Desenvolvimento de estratégias de comunicação** para promover o setor de restauração florestal.
- **Realização da restauração florestal em grande escala** através da concentração de áreas de Reserva Legal (em condomínios ou outros arranjos coletivos) para reduzir os custos com questões logísticas (ex.: mão de obra e aquisição de insumo) e de estrutura necessária para restauração.
- **Desenvolvimento de novas linhas de crédito e a promoção das linhas já existentes**, que atendam projetos de longo prazo, como forma de viabilizar o cumprimento do Código Florestal e incentivar investimentos no setor, concretizando a atividade.

³⁴ São Paulo possui a maior quantidade de viveiros de mudas entre os estados avaliados, porém, ainda assim existe demanda para a ampliação desse número.

5 ONDE ESTAMOS E PARA ONDE QUEREMOS IR?

Onde estamos

Conhecer em detalhe os custos das diferentes técnicas de restauração florestal é um passo fundamental para progredir na ambiciosa agenda de implementação do Código Florestal. O debate sobre as soluções, gargalos e oportunidades só pode avançar se for embasado em estimativas sólidas e conhecidas pelos principais atores envolvidos, especialmente os do setor agro.

A partir dos dados levantados para as regiões abordadas nesse trabalho, observou-se uma **grande variação nos custos das técnicas avaliadas devido, principalmente, às diferentes condições e às variações regionais nos preços dos insumos e das operações** - tanto manuais quanto mecanizadas. Sendo assim, podem ser estabelecidas algumas proposições quanto à aplicabilidade das técnicas de restauração florestal permitidas pela legislação vigente.

Havendo sementes disponíveis, **a semeadura direta pode ser um bom caminho para a restauração florestal em larga escala onde há baixo potencial de regeneração natural**. Os produtores de grãos podem utilizar seu próprio maquinário para executar a restauração de maneira autônoma, diminuindo assim seus custos com a adequação ambiental.

Já a **restauração florestal por meio da técnica de plantio de mudas (sem aproveitamento econômico) é bastante onerosa em qualquer uma das condições físico-ambientais consideradas**, pensando em restauração florestal de Reserva Legal e, provavelmente, só será escolhida pelo produtor se as demais alternativas não estiverem disponíveis.

Dentro desse contexto, dependendo da rentabilidade das atividades agrícolas, a recomposição da vegetação natural para fins de regularização do Código Florestal pode ter impacto muito alto no fluxo de caixa do produtor, em alguns casos até mesmo inviabilizar a atividade. Estimativas da Agroicone indicam que a restauração florestal com mudas nativas pode chegar a 100% do fluxo de caixa para produtores de baixa rentabilidade anual (inferior a R\$ 500/ha/ano), como a pecuária extensiva. Mesmo usando técnicas mais baratas, como a semeadura direta ou a regeneração natural ativa, ainda assim existe um alto impacto para estes produtores. E, como esperado, para produtores com alta rentabilidade (superior a R\$ 1.000/ha/ano), o impacto da restauração é mais baixo, mas se mantém bastante expressivo, variando de 16% a 83%, conforme o tamanho da área a ser restaurada.

Os plantios com aproveitamento econômico, de modo geral, **tem viabilidade econômica nos cenários otimistas**, nos quais foram considerados preços finais de madeira e produtividades altas. Nestes cenários, a TIR dos plantios varia entre 6.2 e 12.8%, dependendo das condições físico-ambientais e das regiões. Em alguns destes casos, o retorno da atividade florestal poderia, inclusive, superar atividades de baixa rentabilidade, gerando um impacto positivo no fluxo de caixa. Nos cenários pessimistas, no entanto, todos os projetos apresentam TIR negativa, salvas as

condições com declividade menor que 12% (A e B) para o modelo árvores mistas 2, indicando inviabilidade econômica. Ressalta-se então a sensibilidade destes projetos quanto aos preços e produtividades considerados, fatores estes que são de difícil determinação.

Hoje, os dados e informações sobre mercados florestais e madeireiros de nativas são escassos e pouco confiáveis, principalmente devido ao seu caráter de informalidade e ilegalidade. Considerando a alta variabilidade dos resultados de plantios florestais para aproveitamento econômico - e as diversas incertezas com relação aos seus fatores determinantes - ainda não há segurança para sua recomendação. **Mais experiências de campo e estudos nesta área são necessários para estimular plantios com aproveitamento econômico em Reserva Legal.** Além disso, entender melhor as dinâmicas das demandas dos produtos destas florestas é fundamental para planejar e atrair investimentos.

Os modelos de restauração florestal com aproveitamento econômico do “Pacto pela restauração da Mata Atlântica” aqui adotados são ideais para pequenas áreas com agricultura familiar ou para uso da madeira na própria propriedade, porém, **não são adequados para arranjos empresariais, em escala, em razão da limitação de colheita florestal com motosserra.** Neste caso, há menor impacto no ambiente florestal, mas os custos da colheita aumentam muito. Com isso, o preço da madeira serrada deve ser suficientemente alto para viabilizar a atividade, o que ocorre apenas em situações muito específicas.

A determinação precisa dos custos finais de regularização do Código Florestal dependerá da estimativa precisa de déficit e das possibilidades de uso de mecanismos de compensação. Provavelmente, **produtores deverão usar combinações de compensação com restauração florestal.** Assim, muitos dos fatores que definem o custo da regularização ainda não são suficientemente conhecidos. Mas, de toda forma, avançar nas estimativas é importante para subsidiar o planejamento da regularização em grande escala e definir as áreas e temas onde é mais importante aprofundar conhecimento. A partir deste primeiro estudo econômico da restauração florestal, podemos levantar alguns pontos que precisam ser mais detalhados em futuras análises e esforços.

Para onde queremos ir

Está clara a importância de baixar os custos de restauração florestal e, portanto, **quanto mais se adotar a técnica de regeneração natural, passiva e ativa, melhor.** O diagnóstico ambiental é peça fundamental para definir onde há alto e médio potencial de regeneração natural. Assim, é muito importante conduzir o mapeamento da capacidade de regeneração natural, levando em consideração os seus principais fatores determinantes (potencial de recebimento de sementes a partir de áreas de vegetação nativa próximas e existência do banco de sementes capaz de promover regeneração, entre outros).

Diagnósticos ambientais em ampla escala (estados e regiões) podem facilitar o planejamento da regularização ambiental e da restauração florestal, assim como

técnicas de monitoramento com imagens para evitar os altos custos de trabalhos de campo. Com o planejamento minucioso da regularização, será possível apontar de forma mais clara os gargalos e as oportunidades, mas já podemos identificar alguns pontos.

Os insumos necessários para a restauração florestal precisam estar disponíveis em grandes quantidades e hoje já se verifica, em algumas regiões, a falta de mão de obra especializada e, por outro lado, a oferta de sementes e mudas. Redes de coletores de sementes nas regiões que são foco para a restauração devem ser incentivadas, pois a semente é o principal insumo da restauração e sua indisponibilidade e alto custo certamente atrapalharão a atividade certamente atrapalhará a atividade, seja ela por plantio de mudas ou semeadura direta.

A produção de mudas de espécies florestais precisa ser dimensionada de acordo com a demanda advinda da adoção da técnica de plantio de mudas. Hoje, **a produção de mudas está bastante concentrada no Estado de São Paulo**, voltada, especialmente, para espécies da Mata Atlântica.

Para redução de custos operacionais é preciso bons rendimentos operacionais e, para tal, **mão de obra especializada é fundamental**. Atualmente, há dificuldades em encontrar mão de obra para atividades florestais, principalmente em áreas mais remotas do Brasil. Além da disponibilidade, é preciso treinamento dos trabalhadores iniciantes nas operações florestais, para que estes possam executar as operações eficientemente. **Programas de treinamentos podem ser implantados em escala** e, da mesma forma que sementes, devem ser dimensionados de acordo com o planejamento da implantação da restauração florestal.

Com relação ao aproveitamento econômico da Reserva Legal, uma ampla agenda deve ser posta em prática para que de fato a regularização destas áreas possa ter uso para atividades florestais e retorno econômico para os proprietários.

A criação de outros modelos de restauração florestal com fins econômicos e a implantação desses em campo são fundamentais para a comprovação da viabilidade técnica e, também, é necessário desenvolver e descentralizar o conhecimento da restauração, tanto no meio acadêmico quanto na prática pelo setor agro. É preciso desenvolver modelos adequados às diferentes condições edafoclimáticas do Brasil e para diversos fins econômicos e, então, aplicá-los no chão. Considerando o longo prazo da maturação dos projetos florestais, o quanto antes for posta em prática uma ampla agenda de trabalho para desenhar, plantar e monitorar esse tipo de plantio, melhor para acelerar a restauração florestal em grande escala.

Outro ponto fundamental para melhor utilização da recomposição de Reserva Legal para fins econômicos é a seleção de espécies nativas regionais, para valorização da biodiversidade local. Para cada região **é preciso fazer seleção e melhoramento genético das espécies de interesse econômico**, permitindo maior produtividade, menores incidências de pragas e doenças e também a padronização do crescimento da floresta. A padronização, aliada a arranjos específicos de plantio e escala, permitirá a colheita com grandes máquinas, como as utilizadas hoje na indústria de papel e celulose, que reduzem drasticamente os custos da atividade florestal. Com a definição

das espécies mais adequadas para aproveitamento econômico, será possível utilizar modelos com menor número de espécies, facilitando o plantio e o manejo.

Vale lembrar que, se quisermos fazer a RL ser de fato uma unidade produtiva e rentável, seus custos de implantação e manutenção não serão baixos. Isto porque, como em todas as atividades produtivas, o uso de tecnologia é importante para aumentar produtividade e lucratividade. No caso de florestas produtivas, a tecnologia inclui seleção de matrizes, melhoramento genético, uso de insumos e mão de obra de qualidade e manejo intensivo do plantio. **O manejo bem realizado é fundamental para ter bons resultados** e, neste sentido, pesquisas e experiências de campo serão importantes para recomendação de manejo adequado para árvores nativas.

Por fim, a **definição dos agentes executores da restauração florestal** é outro ponto importante. Em alguns casos, os próprios proprietários poderão executar a restauração, desde que tenham suporte técnico. Em outros e, provavelmente na maioria, terceiros ficarão responsáveis pela implantação dos projetos, atuando como prestadores de serviços ou parceiros comerciais dos produtores. Aprofundar o entendimento destes atores e explorar possibilidades de arranjos comerciais é ponto chave para deslançar as tão esperadas cadeias produtivas de restauração florestal e de silvicultura tropical.

Sabemos que a agenda de restauração florestal é de longo prazo, de décadas, pela própria exigência legal de Reserva Legal e APP, assim como pela complexidade de fatores envolvidos no tema, institucionais e técnicos. A disseminação de informações de qualidade e experiências ajudará a formar massa crítica e a dar as bases para o engajamento do setor privado. Assim, espera-se que esta publicação colabore para alavancar a agenda de restauração florestal e de regularização ambiental no Brasil, contribuindo para o uso eficiente da terra e o equilíbrio entre conservação e produção.

6 LITERATURA CONSULTADA

ANDREON, B. C. **Análise de custos do corte florestal semi-mecanizado em região declivosa no sul do Espírito Santo**. 2011. 24 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

BRANCALION, P. *et al.* **Modelos de silvicultura de espécies nativas para a viabilização econômica da recomposição da Reserva Legal e restauração de áreas de baixa aptidão agrícola no norte do Espírito Santo**. (LERF/ESALQ), 2011. Disponível em: <esalqlastrop.com.br/capa.asp?j=23> Acesso em: 04 set. de 2015.

_____. *et al.* **Modelos de silvicultura de espécies nativas para a viabilização econômica da recomposição da Reserva Legal e restauração de áreas de baixa aptidão agrícola no norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia**. (LERF/ESALQ), 2011. Disponível em: <esalqlastrop.com.br/capa.asp?j=19>. Acesso em: 04 set. de 2015.

_____.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. **Modelos de silvicultura de espécies nativas para a viabilização econômica da recomposição da Reserva Legal e restauração de áreas de baixa aptidão agrícola no extremo sul da Bahia**. (LERF/ESALQ), 2012. Disponível em: <esalqlastrop.com.br/capa.asp?j=21> Acesso em: 04 set. de 2015.

BRIENZA JÚNIOR, S. *et al.* **Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético-madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda**. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v. 4, n. 7, jul./dez. 2008.

CORDERO, J. *et al.* **Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas**. Department of Plant Sciences. Oxford Forestry Institute, Centro Agronómico Tropical de Investigación y, OFI/CATIE, 2003.

DIAS, N. W.; BATISTA, G. T.; CATELANI, C. de S. **Preferências topográficas das áreas cultivadas com eucalipto no Vale do Paraíba Paulista**. Curitiba, PR. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 2011.

DURIGAN, G. **Fundamentos da Ecologia da Restauração**. SMA: Instituto Florestal de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente.

Durigan, G. *et al.* **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: SMA, 2011. 19 p.

RAMOS, V. S. **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa produção de informação: Rio de Janeiro, RJ: Embrapa solos, 1999. 412 p.

ESQUERDO, J. C. D. M. *et al.* **Dinâmica da agricultura anual na região do Matopiba**. Anais XVII, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB. INPE, 2015.

Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso (Famato). **Diagnóstico de florestas plantadas do Estado de Mato Grosso**. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Imea). 106 p. Cuiabá: 2013.

GUERIN, N.; ISERNHAGEN, I. **Plantar, criar e conservar: unindo produtividade e meio ambiente**. São Paulo, SP: Instituto Socioambiental, 2013.

MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 376 p.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). **Manual de restauração florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. The Nature Conservancy, Belém, PA, 2013. 128 p.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução SMA Nº 32, de 03 de abril de 2014**. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas, 2014. Diário Oficial do Estado. São Paulo, SP: de 05 de abril de 2014. Seção I, p. 36-37.

SILVA, A. P. M. da. *et al.* **Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2015.

SIMÕES, S. J. C. *et al.* **Relação do meio físico com o manejo sustentável de plantio de eucalipto em áreas de terrenos acidentados – A fazenda Santa Edwirges, Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil**. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 31, p. 431-445, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Fatos e números do Brasil florestal.** 2008. 92 p. Disponível em:<www.sbs.org.br> Acesso em: 04 set. de 2015.

STRASSBURG, B.B.N. *et al.* **Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica.** Relatório técnico. Instituto Internacional para sustentabilidade. 2014, 64 p.

STRASSBURG, B.B.N. **Custos e receitas da restauração na Mata Atlântica análises preliminares.** Instituto Internacional para sustentabilidade. (Comunicação oral).

7 APÊNDICES

Apêndice 1 – Análise de território como subsídio para restauração

Métodos de espacialização das condições físico-ambientais

Os mapas de declividade e precipitação foram gerados com o uso do Sistema de Informações Geográficas, ArcGIS 10. A declividade de cada região foi calculada em porcentagem, a partir do modelo de elevação digital SRTM (resolução de 30 metros), com a ferramenta *Slope (3D Analyst, Arcgis 10)*. Em seguida, os mapas de declividade foram classificados em três intervalos de declividade: 0-12% (baixa), 12-20% (média) e >20% (alta) (**Figura A 1, Figura A 3, Figura A 5, Figura A 7**). Por sua vez, os mapas de precipitação, obtidos do WorldClim – Global Climate Data (resolução de 90 metros), foram reamostrados para 30 metros e classificados em dois intervalos de precipitação: <1200 mm/ano (precipitação baixa, onde a irrigação é necessária) e >1200 mm/ano (precipitação alta, onde a irrigação não é necessária) (**Figura A 2, Figura A 4, Figura A 6, Figura A 8, Figura A 10**).

Posteriormente, os mapas de declividade e precipitação reclassificados foram cruzados entre si com o uso da ferramenta *Raster Calculator (ArcGIS 10)*, resultando em mapas com combinações entre os intervalos de declividade e precipitação³⁵. Para cada combinação entre declividade e precipitação (denominadas condições físico-ambientais, representadas pelas letras de A a F), foram atribuídos os custos dos diferentes métodos de restauração contabilizados para cada região.

Análise das condições físico-ambientais em cada região

A.1.1 Estado de São Paulo

A maior parte do Estado de São Paulo (70%) possui um relevo com baixa declividade (0-12%), onde a mecanização pode ser aplicada e o relevo não leva a um aumento de preço das operações de restauração. As regiões com declividade média (12-20%), que apresentam restrição na utilização da mecanização, representam uma pequena porção da área do Estado e estão dispersas no território. Já as regiões com alta declividade (>20%) estão concentradas nas regiões das Serras do Mar e da Mantiqueira, no Planalto de Paraitinga/Paraibuna e nos Planaltos de Guapiara, Jundiá e do Ribeira/Turvo, indicando uma maior restrição à mecanização na porção sul e leste do estado paulista (**Figura A 1**).

A maior parte do Estado possui precipitação maior que 1200 mm ao ano, dispensando a irrigação da restauração nessas áreas, caso o plantio seja realizado no período chuvoso. As regiões com precipitação menor que 1200 mm estão localizadas, principalmente, na porção oeste do Estado (**Figura A 2**).

³⁵ Os mapas resultantes do cruzamento entre os mapas classificados de precipitação e declividade são apresentados no texto principal do relatório, no tópico **RESULTADOS: VARIAÇÃO DOS CUSTOS EM CADA REGIÃO**.

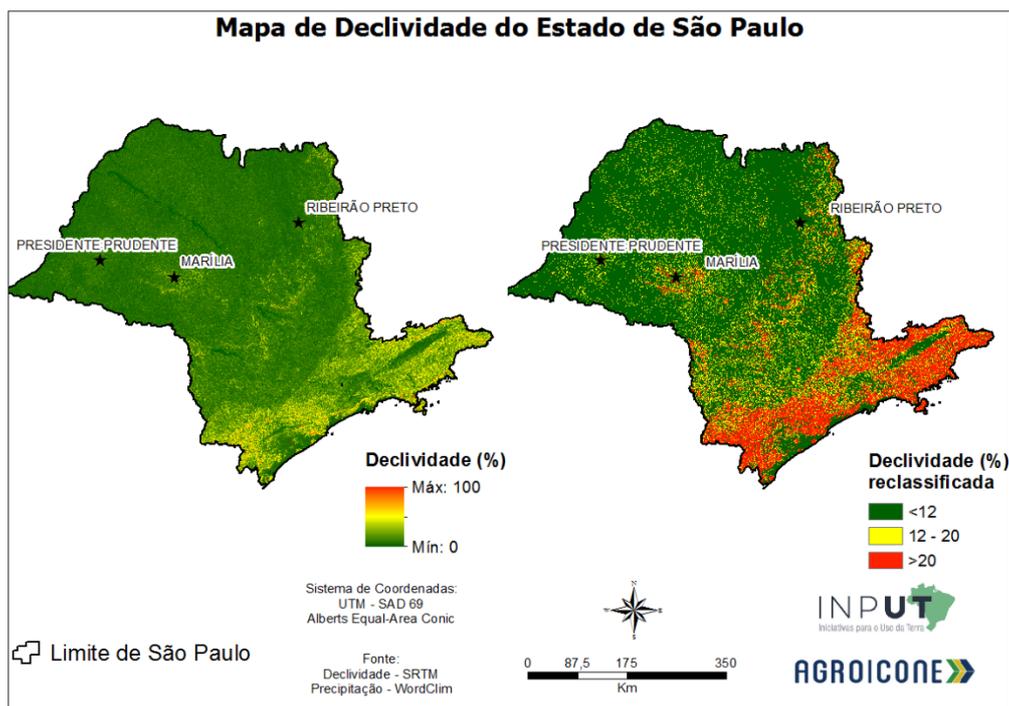


Figura A 1: Declividade no Estado de São Paulo

À esquerda, declividade em valores contínuos e, à direita, declividade classificada em três intervalos: 0-12%, 12-20% e >20%.

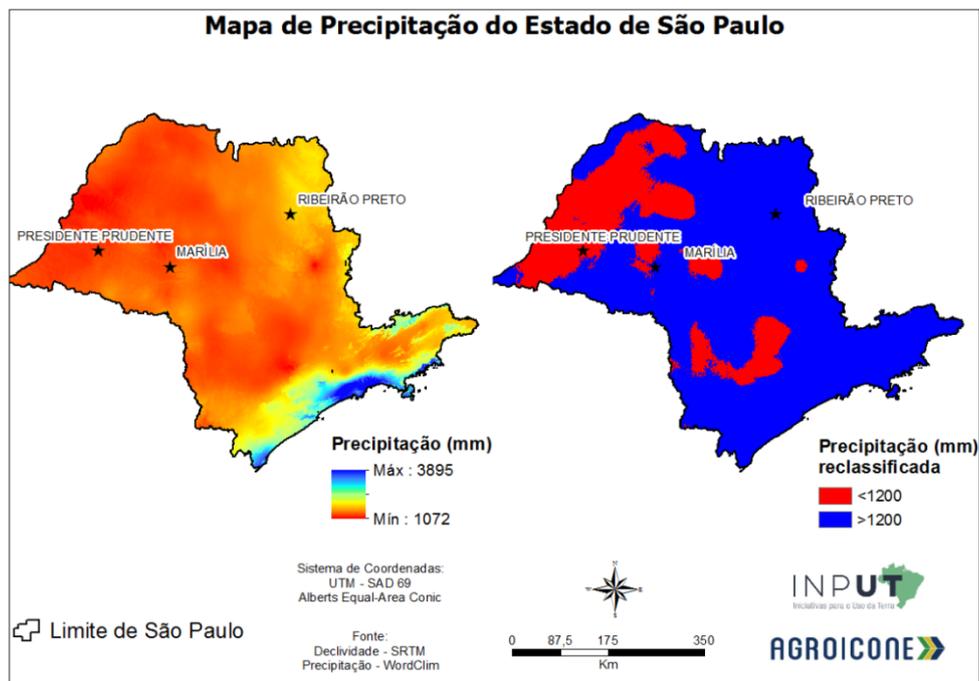


Figura A 2: Precipitação no Estado de São Paulo.

À esquerda, precipitação em valores contínuos e, à direita, precipitação classificada em dois intervalos: <1200 mm/ano e >1200 mm/ano.

A.1.2 Estado de Mato Grosso do Sul

Praticamente, toda a área do Estado de Mato Grosso do Sul (98%) possui declividade inferior a 12%, sendo passível de mecanização (**Figura A 3**). Com relação à precipitação, a maior parte do Estado (91%) possui precipitação alta (maior que 1200 mm/ano), diminuindo a necessidade de irrigação. Enquanto isso, uma porção muito pequena do Estado, localizada nos limites leste e oeste, possui precipitação baixa (menor que 1200 mm/ano) (**Figura A 4**).

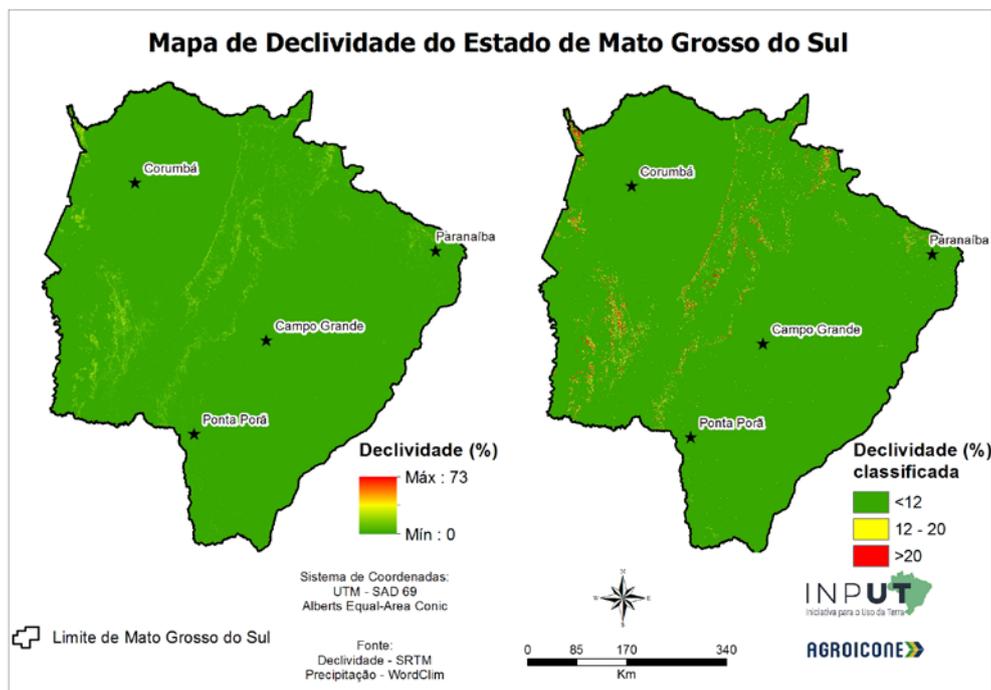


Figura A 3: Declividade no Estado de Mato Grosso do Sul.

À esquerda, declividade em valores contínuos e, à direita, declividade classificada em três intervalos: 0-12%, 12-20% e >20%.

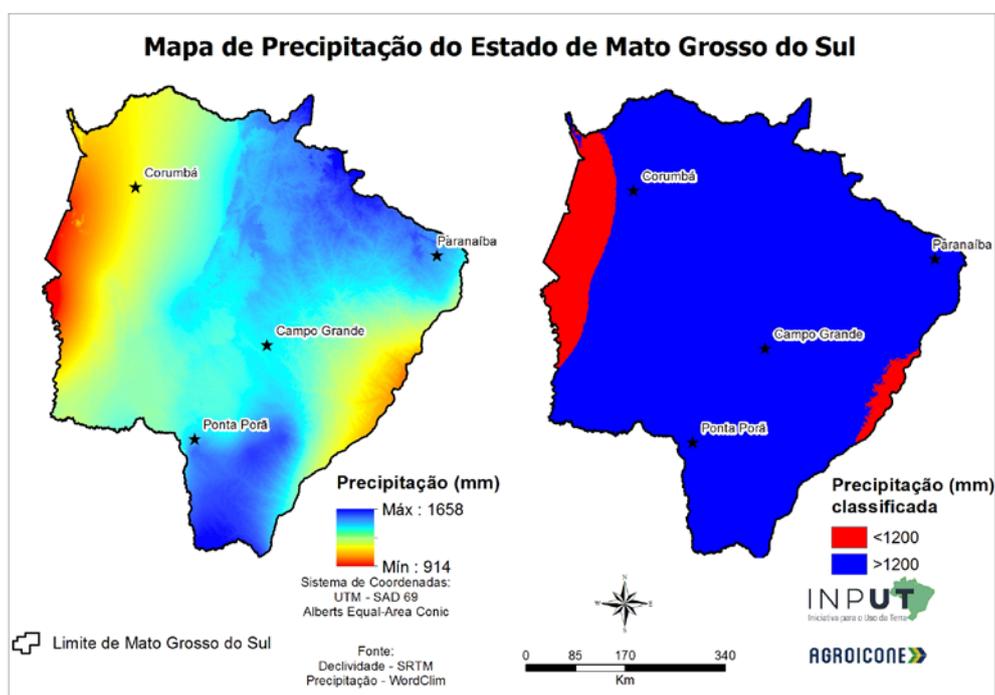


Figura A 4: Precipitação no Estado de Mato Grosso do Sul.

À esquerda, precipitação em valores contínuos e, à direita, precipitação classificada em dois intervalos: <1200 mm/ano e >1200 mm/ano.

A.1.3 Estado de Mato Grosso

Praticamente toda a área do Estado de Mato Grosso (90%) possui declividade baixa (0-12%). As áreas com declividades média e alta (superior a 12%) representam 10% do Estado e estão concentradas nas chapadas (dos Parecis e dos Guimarães) e serras (da Petrovina e Azul), na porção sul do Estado (**Figura A 5**). Com relação à precipitação, praticamente todo Mato Grosso possui precipitação alta (>1200 mm/ano), diminuindo a necessidade de irrigação, enquanto somente 1% do território, localizado na região sul do Estado, possui precipitação baixa (<1200 mm/ano) (**Figura A 6**).

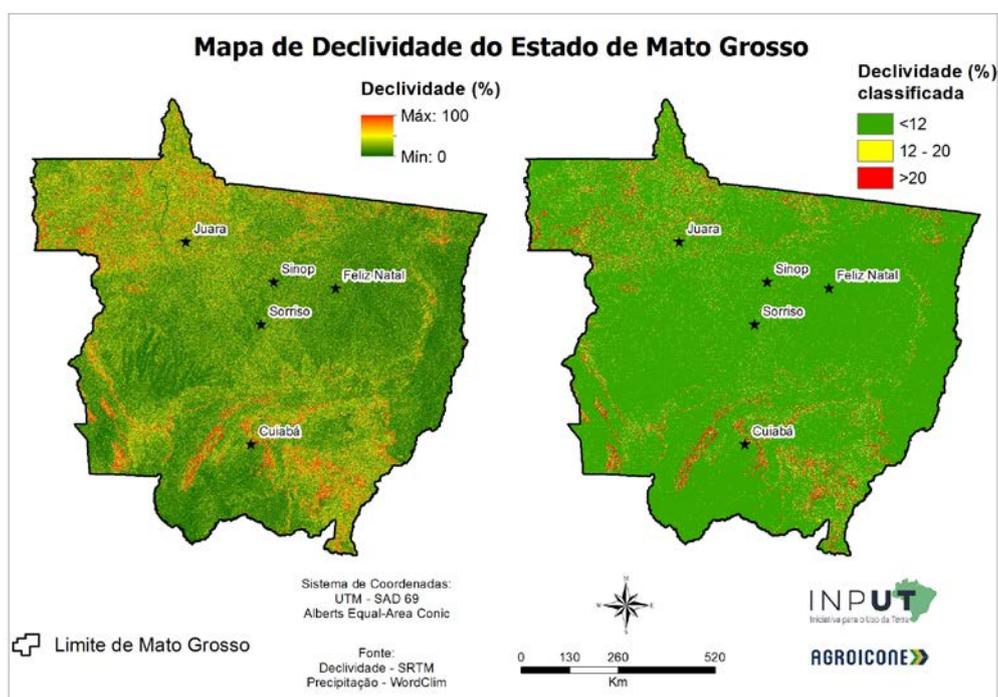


Figura A 5: Declividade no Estado de Mato Grosso.

À esquerda, declividade em valores contínuos e, à direita, declividade classificada em três intervalos: 0-12%, 12-20% e >20%.

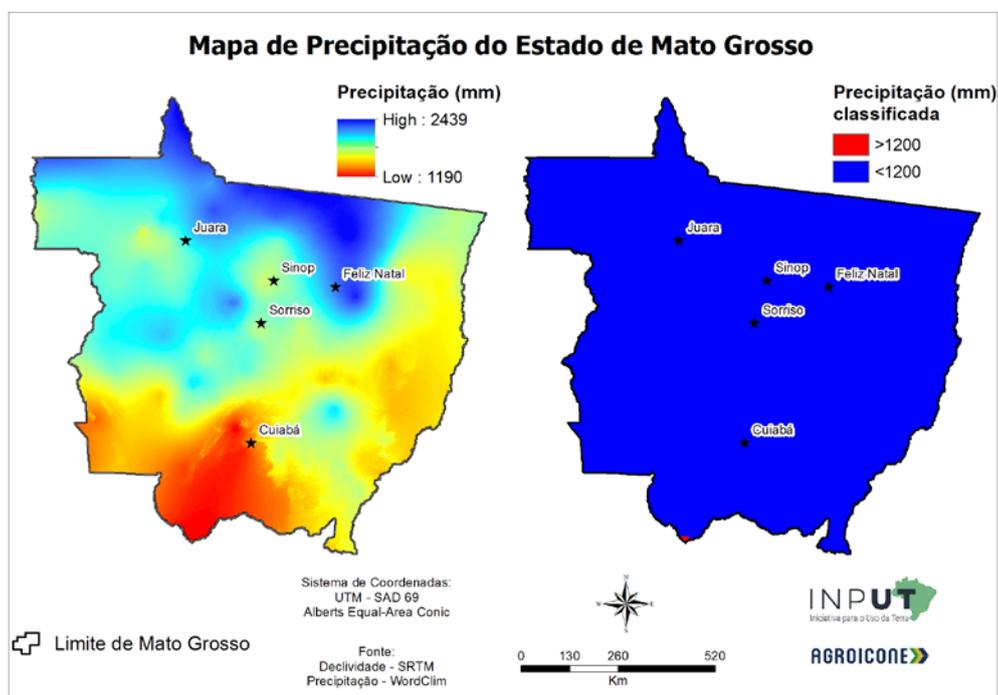


Figura A 6: Precipitação no estado de Mato Grosso. À esquerda, precipitação em valores contínuos e, à direita, precipitação classificada em dois intervalos: <1200 mm/ano e >1200 mm/ano.

A.1.4 Região da Bacia do Tapajós (PA)

Grande parte da região da Bacia do Tapajós (70% do território) possui declividade baixa (0-12%), enquanto o restante do território está dividido entre as demais declividades (16% com declividade média e 14% com declividade alta) (**Figura A 7**). Todo o território possui precipitação elevada (>1200 mm/ano) (**Figura A 7**).

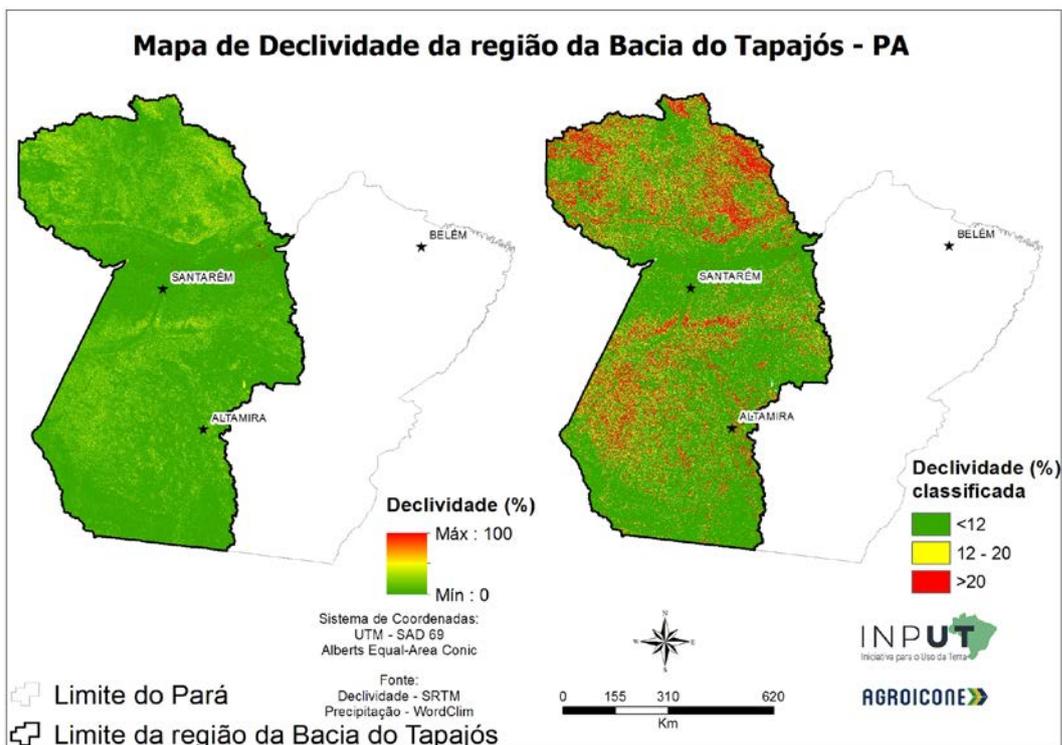


Figura A 7: Declividade na região da Bacia do Tapajós (PA).

À esquerda, declividade em valores contínuos e, à direita, declividade classificada em três intervalos: 0-12%, 12-20% e >20%.

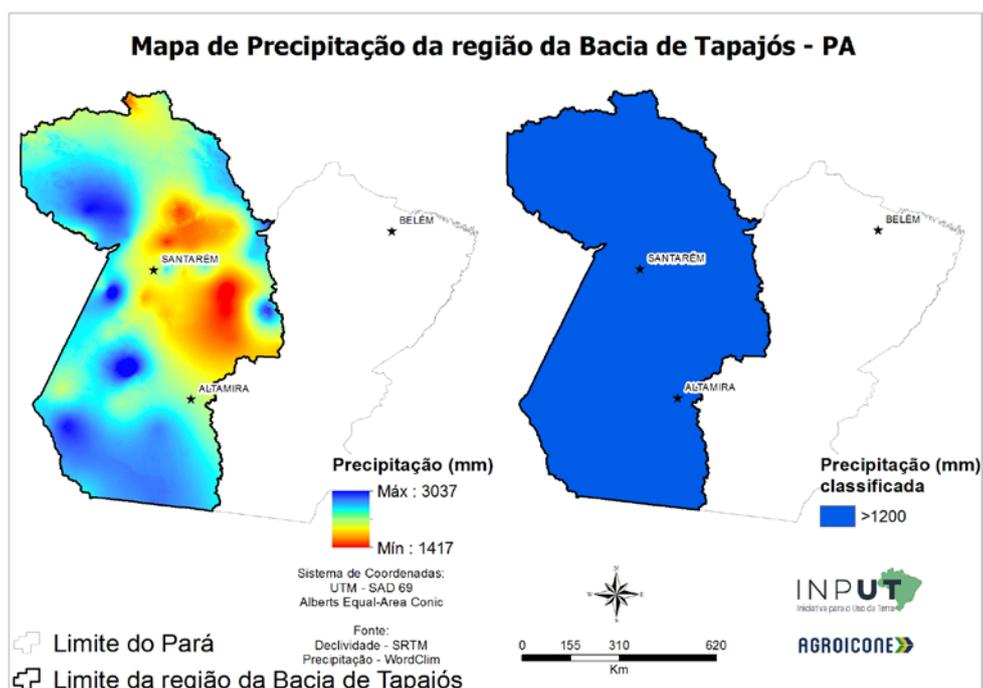


Figura A 8: Precipitação na região da Bacia do Tapajós (PA).

À esquerda, precipitação em valores contínuos e, à direita, precipitação classificada em dois intervalos: <1200 mm/ano e >1200 mm/ano.

A.1.5 MATOPIBA

Na região do Matopiba (confluência dos estados do Maranhão, Tocantins, Bahia e Piauí) predominam declividades baixas (0-12%) em 87% do território, sendo passível de mecanização (**Figura A 9**). Enquanto, aproximadamente, 70% da área da região possui precipitação elevada (**Tabela A 10**).

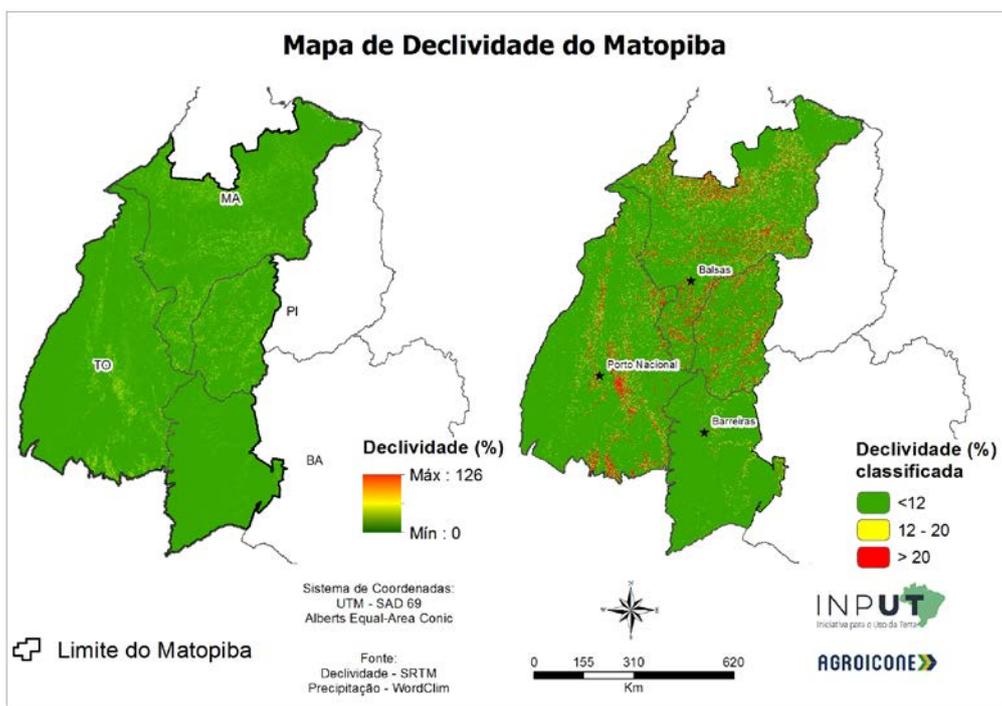


Figura A 9: Declividade na região do Matopiba.

À esquerda, declividade em valores contínuos e, à direita, declividade classificada em três intervalos: 0-12%, 12-20% e >20%.

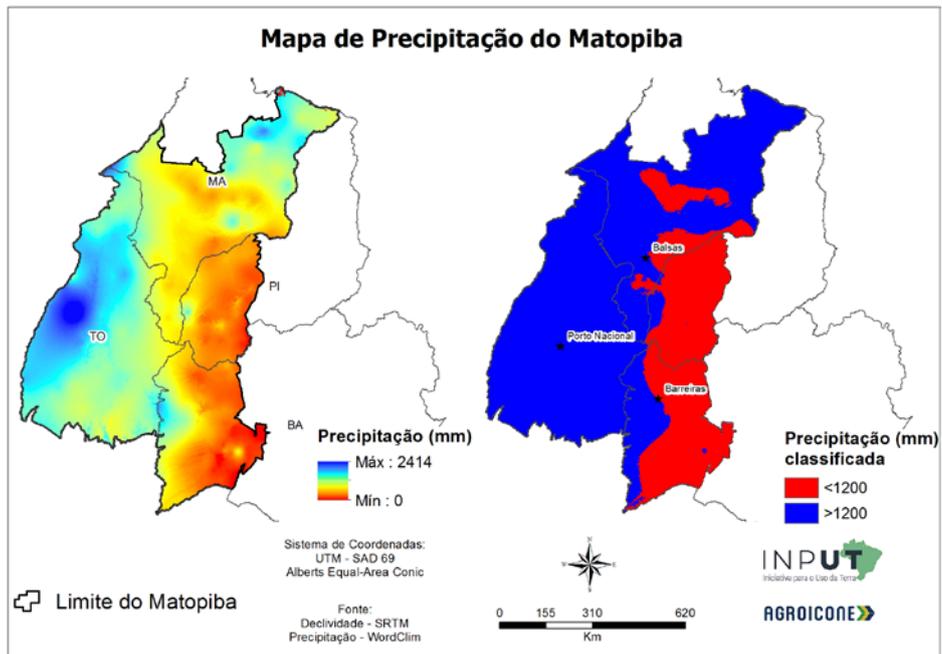


Figura A 10: Precipitação na região do Matopiba.

À esquerda, precipitação em valores contínuos e, à direita, precipitação classificada em dois intervalos: <1200 mm/ano e >1200 mm/ano.

Apêndice 2 - Fonte das informações econômicas

As informações de custo econômico foram obtidas em diferentes fontes, as quais são especificadas na **Tabela A 1**.

Tabela A 1: Fontes de informações econômicas

Dados	Fontes
Preços de eucalipto em pé em São Paulo	IEA (2015)
Preços de eucalipto em pé em Mato Grosso do Sul	IBGE (2013)
Preço de eucalipto em pé em Mato Grosso	FAMATO (2013)
Preço de eucalipto em pé no Matopiba	Machado (2014)
Preços de árvores nativas em pé	IIS (2014)
Custo de mão de obra em São Paulo	IEA (2015)
Custo de mão de obra em Mato Grosso do Sul	Agrianual (2014)
Custo de mão de obra em Mato Grosso	FAMATO (2013)
Custo de mão de obra no Matopiba	Consulta direta à FAEB (Federação de Agricultura do Estado da Bahia)
Custo de hora/máquina para tratores de diferentes potências, com diferentes implementos	FAEG (2015)
Custo de adubo NPK 04 14 08	Consulta direta à empresa Heringer
Custos de implantação de cerca	AGRIANUAL (2014)
Preço de compra para equipamentos e máquinas relativas ao manejo florestal	FAMATO (2013)
Custos de mudas	IPEA (2015)
Custos de sementes	Rede do Xingu (2014) / valores praticados nos estados de Mato Grosso e da Bahia.

Observa-se que os preços de eucalipto para o Estado de São Paulo foram os mais sólidos, em termos de número de observações disponíveis, periodicidade e distinção entre os tipos de uso. O IEA (Instituto de Economia Agrícola) considera quatro tipos de uso para o eucalipto, que se relacionam diretamente com a sua densidade e, conseqüentemente, à idade da árvore no período de corte. São eles (em ordem crescente de preço de venda): uso para energia (lenha), processo, tratamento e serraria. Logo, os dados de São Paulo foram utilizados como instrumento de comparação para a definição dos preços de lenha para os outros estados.

Para os preços de madeira nativa em pé, observou-se uma escassez muito grande de informações. Logo, seguiu-se os cenários “Pessimista” e “Otimista” do trabalho de IIS

(2014). A consulta direta a madeireiras, serrarias e agentes de mercado também representa uma contribuição para a confiabilidade do cenário de preços de madeira. Ainda assim, sabe-se que tal variável é bastante instável, apresenta grande volatilidade e é influenciada por inúmeros fatores nas diferentes regiões do Brasil.

Os preços de madeira em pé utilizados nos fluxos de caixa são apresentados na **Tabela A 2** e na **Tabela A 3**:

Tabela A 2: Cenários de preços de madeiras nativas em pé (m³)

Nativas	Cenário	
	Pessimista	Cenário Otimista
Madeira inicial	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Madeira média	R\$ 103,00	R\$ 367,20
Madeira final	R\$ 136,67	R\$ 570,00

Fonte: elaborado a partir de ISS (2014)

Tabela A 3: Preços de lenha em pé (m³)

SP	MT	MS	MATOPIBA
R\$ 43,00	R\$ 38,50	R\$ 45,71	R\$ 60,00

Fonte: Elaborado a partir de IEA (2015), IBGE (2013), FAMATO (2013) e Machado (2014).

Os salários da mão de obra foram retirados das fontes já citadas anteriormente. Verificou-se se os valores em questão representavam os salários líquidos ou brutos e para os que estavam como líquidos, acrescentou-se a carga tributária média incidente sobre a folha de pagamento do trabalhador rural. Os valores encontrados em trabalhos de anos anteriores foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC). A **Tabela A 4** mostra os valores considerados para os salários dos trabalhadores:

Tabela A 4: Salários da mão de obra

ATIVIDADE	SP	MT e TAPAJÓS	MS	MATOPIBA
Atividades manuais	R\$ 11,32	R\$ 6,69	R\$ 6,90	R\$ 7,10
Atividades mecanizadas	R\$ 15,43	R\$ 11,06	R\$ 8,17	R\$ 10,83

Fonte: Adaptação Agroicone, a partir de IEA (2015), Agriannual (2014) e FAMATO (2013).

Os valores de hora/máquina para tratores de diferentes potências, na presença de diferentes implementos, foram baseados nos custos de produção agrícola divulgados periodicamente pela Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG). A **Tabela A 5** mostra as definições de hora-máquina presentes nos fluxos de caixa:

Tabela A 5: Valores de hora/máquina.

OPERAÇÕES	VALOR (HORA/MÁQUINA)
Trator 65 hp + pipa	R\$ 53,20
Trator 65 hp + carreta agrícola	R\$ 49,09
Trator 80 hp + roçadeira	R\$ 59,72
Trator 80 hp + Pulverizador	R\$ 66,89
Trator 80 hp + calcareadeira	R\$ 63,71
Trator de 100 hp + subsolador	R\$ 71,52
Pulverizador	R\$ 69,86

Fonte: Adaptação Agroicone, a partir de dados da FAEG (2015).

Observa-se que, aos preços de hora/máquina base definidos, foram somados os salários correspondentes a “atividades mecanizadas” de cada uma das regiões foco do presente estudo.

Os valores referentes a mudas nativas foram extraídos do IPEA (2015). A **Tabela A 6** apresenta o valor da muda por região do Brasil.

Tabela A 6: Preço das mudas por região do Brasil

REGIÃO	PREÇO MÉDIO NO ATACADO
Sudeste	R\$ 1,80
Centro-Oeste	R\$ 3,92
Nordeste	R\$ 2,49
Sul	R\$ 2,20
Norte	R\$ 2,23

Fonte: Adaptação Agroicone, a partir de dados do IPEA (2015).

Apêndice 3 – Explicação Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

O Valor Presente Líquido (VPL) é entendido como o valor que o empreendimento possui após um determinado número de períodos (neste trabalho, 40 anos), considerando o desconto de uma taxa de desconto, que é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Neste estudo, adotou-se o valor de 4% como TMA. Os valores futuros de receitas e despesas não foram acrescidos da inflação esperada, dado que não interferem na taxa de retorno real.

A fórmula do VPL é a seguinte:

$$V_{PL} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

- t = período (normalmente expresso em anos);
- FC = resultado financeiro do período t;
- i = Taxa Mínima de Atratividade.

Por sua vez, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de retorno dos investimentos realizados que torna o VPL igual a zero. Ou seja, a taxa que iguala a soma de todas as despesas (no caso, de 40 anos) descontadas pela TMA a todas as receitas somadas e também descontadas pela TMA. Se esta taxa for menor do que a própria TMA, considera-se que o projeto não é atrativo, pois o custo de oportunidade é maior do que os ganhos trazidos pelo projeto.

A fórmula da TIR é a seguinte:

$$0 = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+Tir)^n}$$

Observa-se que a fórmula da TIR é, de certa maneira, a mesma do VPL. Ambas são fórmulas de juros compostos. A diferença está na incógnita da equação. No primeiro caso, é o montante de dinheiro após t períodos, dada certa taxa conhecida. No segundo caso, é a taxa de desconto, dado um montante de dinheiro conhecido após t períodos (no caso, zero).

Apêndice 4 – Custos, VPL e TIR de todas as técnicas e modelos para as regiões estudadas

As tabelas a seguir demonstram todos os custos por hectare, VPL e TIR de todos os modelos e condições físico-ambientais para as regiões estudadas neste trabalho.

Vale ressaltar que a condição B é predominante em todas as regiões (70% de SP e da Bacia do Tapajós, 90% de MT e do Matopiba, 98% de MS), por isso, destacaram-se seus dados.

Tabela A 7: Custos, VPL e TIR para o Estado de São Paulo.

SÃO PAULO							
TÉCNICAS E VALORES		Condição físico-ambiental					
		A	B	C	D	E	F
		Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm
		Declividade < 12%		Declividade > 12% <20%		Declividade > 20%	
Regeneração natural ativa	Custo/ha (R\$)	800	902	2.751	2.853	3.566	3.668
	VPL (R\$)	-777	-876	-2.673	-2.772	-3.465	-3.564
	TIR	-	-	-	-	-	-
Semeadura direta SAE	Custo/ha (R\$)	3.585	3.585	-	-	-	-
	VPL (R\$)	-3.550	-3.550	-	-	-	-
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas SAE	Custo/ha (R\$)	8.574	8.349	12.803	12.735	17.524	17.433
	VPL (R\$)	-8.448	-8.224	-12.553	-12.485	-17.164	-17.073
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	24.650	24.239	36.884	36.726	49.268	49.064
	VPL (R\$)	-1.724	-1.455	-9.520	-9.409	-17.747	-17.601
	TIR	3,18%	3,30%	0,33%	0,37%	-1,74%	-1,71%
Árvores nativas CAE otimista	Custo/ha (R\$)	24.650	24.239	36.884	36.726	49.268	49.064
	VPL (R\$)	35.771	36.040	27.975	28.086	19.748	19.894
	TIR	11%	11,08%	8,63%	8,66%	6,83%	6,86%
Árvores mistas M1 CAE	Custo/ha (R\$)	27.168	26.441	40.879	40.720	54.564	54.108
	VPL (R\$)	-3.789	-3.347	-12.340	-12.234	-21.149	-20.910
	TIR	2,13%	2,32%	0	-0,87%	-3,19%	-3,11%
Árvores mistas M2 CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	26.057	25.555	40.025	40.114	59.360	59.190
	VPL (R\$)	4.905	5.244	-3952	-4.025	-16.991	-16.869
	TIR	6,57%	6,79%	2,35%	2,32%	-1,52%	-1,49%
Árvores mistas M2 CAE otimista	Custo/ha (R\$)	26.057	25.555	40.025	40.114	59.360	59.190
	VPL (R\$)	38.226	38.566	29.370	29.296	16.331	16.452
	TIR	12,11%	12,29%	9%	9%	6,20%	6,23%
Árvores mistas M3 CAE	Custo/ha (R\$)	23.509	23.007	35.564	35.767	48.310	48.106
	VPL (R\$)	-409	-50	-7.997	-8.227	-17.498	-17.352
	TIR	3,78%	4%	0,47%	0,42%	-1,77%	-1,74%

SAE: Sem aproveitamento econômico
CAE: Com aproveitamento econômico

Tabela A 8: Custos, VPL e TIR para o Estado de Mato Grosso do Sul

MATO GROSSO DO SUL							
TÉCNICAS E VALORES		Condição físico-ambiental					
		A	B	C	D	E	F
		Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm
		Declividade < 12%		Declividade > 12% <20%		Declividade > 20%	
Regeneração natural ativa	Custo/ha (R\$)	756	858	1.796	1.898	2.293	2.395
	VPL (R\$)	-735	-834	-1.745	-1.844	-2.228	-2.327
	TIR	-	-	-	-	-	-
Semeadura direta SAE	Custo/ha (R\$)	3.281	3.281	-	-	-	-
	VPL (R\$)	-3.255	-3.255	-	-	-	-
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas SAE	Custo/ha (R\$)	9.882	9.686	11.731	11.689	14.608	14.553
	VPL (R\$)	-9.789	-9.593	-11.567	-11.526	-14.378	-14.323
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	27.016	26.579	32.280	32.183	39.822	39.697
	VPL (R\$)	-2.620	-2.307	-5.981	-5.913	-10.992	-10.904
	TIR	2,80%	2,93%	1,44%	1,47%	-0,25%	-0,22%
Árvores nativas CAE otimista	Custo/ha (R\$)	27.016	26.579	32.280	32.183	39.822	39.697
	VPL (R\$)	33.929	34.242	30.568	30.636	25.557	25.645
	TIR	10%	10,31%	9,21%	9,23%	7,96%	7,98%
Árvores mistas M1 CAE	Custo/ha (R\$)	27.276	26.834	32.918	32.821	41.847	41.723
	VPL (R\$)	-3.422	-3.124	-7.090	-7.025	-12.719	-12.635
	TIR	2,26%	2,39%	0	0,85%	-1,00%	-0,97%
Árvores mistas M2 CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	27.060	26.620	33.144	33.047	41.835	41.711
	VPL (R\$)	2.579	2.876	-1.338	-1.274	-6.942	-7.962
	TIR	5,39%	5,57%	3,36%	3,39%	1,14%	0,50%
Árvores mistas M2 CAE otimista	Custo/ha (R\$)	27.060	26.620	33.144	33.047	41.835	41.711
	VPL (R\$)	35.892	36.189	31.975	32.039	26.371	26.455
	TIR	11,60%	11,76%	10%	10%	8,38%	8,40%
Árvores mistas M3 CAE	Custo/ha (R\$)	24.748	24.307	30.012	29.915	37.553	37.429
	VPL (R\$)	-786	-472	-3.713	-4.080	-9.159	-9.070
	TIR	3,58%	4%	2,19%	2,03%	0,10%	0,13%

SAE: Sem aproveitamento econômico
CAE: Com aproveitamento econômico

Tabela A 9: Custos, VPL e TIR para o Estado de Mato Grosso e região da Bacia do Tapajós (PA)

MATO GROSSO E BACIA DO TAPAJÓS							
TÉCNICAS E VALORES		Condição físico-ambiental					
		A	B	C	D	E	F
		Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm
		Declividade < 12%		Declividade > 12% <20%		Declividade > 20%	
Regeneração natural ativa	Custo/ha (R\$)	774	876	1.751	1.853	2.286	2.388
	VPL (R\$)	-752	-851	-1.701	-1.800	-2.221	-2.320
	TIR	-	-	-	-	-	-
Semeadura direta SAE	Custo/ha (R\$)	2.342	2.342	-	-	-	-
	VPL (R\$)	-2.316	-2.316	-	-	-	-
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas SAE	Custo/ha (R\$)	9.731	9.527	11.555	11.515	14.345	14.292
	VPL (R\$)	-9.638	-9.434	-11.396	-11.356	-14.121	-14.068
	TIR	-	-	-	-	-	-
Árvores nativas CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	26.750	26.295	31.796	31.702	39.115	38.994
	VPL (R\$)	-2.413	-2.087	-5.664	-5.598	-10.526	-10.440
	TIR	2,88%	3,02%	1,56%	1,59%	-0,10%	-0,07%
Árvores nativas CAE otimista	Custo/ha (R\$)	26.750	26.295	31.796	31.702	39.115	38.994
	VPL (R\$)	34.148	34.474	30.897	30.963	26.035	26.121
	TIR	10%	10,40%	9,30%	9,32%	8,06%	8,08%
Árvores mistas M1 CAE	Custo/ha (R\$)	26.981	26.526	32.469	32.375	40.821	40.700
	VPL (R\$)	-3.811	-3.503	-7.372	-7.310	-12.628	-10.696
	TIR	2,08%	2,21%	0	0,73%	-0,96%	-0,44%
Árvores mistas M2 CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	26.803	26.347	32.654	32.828	43.819	43.699
	VPL (R\$)	1.688	1.996	-2120	-2.194	-9.628	-9.546
	TIR	4,90%	5,08%	3,01%	2,97%	0,31%	0,34%
Árvores mistas M2 CAE otimista	Custo/ha (R\$)	26.803	26.347	32.654	32.828	43.819	43.699
	VPL (R\$)	35.009	35.317	33.977	33.904	21.769	21.850
	TIR	11,36%	11,52%	10%	10%	7,50%	7,52%
Árvores mistas M3 CAE	Custo/ha (R\$)	24.482	24.027	35.297	35.417	42.830	42.709
	VPL (R\$)	-1310	-984	-8.141	-5.929	-13.204	-13.118
	TIR	3,31%	3%	0,38%	1,23%	-1,26%	-1,23%

SAE: Sem aproveitamento econômico
CAE: Com aproveitamento econômico

Tabela A 10: Custos, VPL e TIR para a região do Matopiba

MATOPIBA													
TÉCNICAS E VALORES		Condição físico-ambiental											
		A		B		C		D		E		F	
		Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm	Precip. <1200mm	Precip. >1200mm		
		Declividade < 12%			Declividade > 12% <20%			Declividade > 20%					
Regeneração natural ativa	Custo/ha (R\$)	772	874	1.328	1.430	1.669	1.771						
	VPL (R\$)	-750	-849	-1.291	-1.390	-1.622	-1.721						
	TIR	-	-	-	-	-	-						
Semeadura direta SAE	Custo/ha (R\$)	3.302	3.302	-	-	-	-						
	VPL (R\$)	-3.276	-3.276	-	-	-	-						
	TIR	-	-	-	-	-	-						
Árvores nativas SAE	Custo/ha (R\$)	8.240	8.036	10.132	11.630	13.092	13.036						
	VPL (R\$)	-8.145	-7.941	-9.964	-11.421	-12.856	-12.800						
	TIR	-	-	-	-	-	-						
Árvores nativas CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	23.383	22.924	28.795	28.696	36.563	36.435						
	VPL (R\$)	-10	318	-3.460	-3.390	-8.620	-8.528						
	TIR	4,00%	4,16%	2,39%	2,42%	0,46%	0,49%						
Árvores nativas CAE otimista	Custo/ha (R\$)	23.383	22.924	28.795	28.696	36.563	36.435						
	VPL (R\$)	36.540	36.867	33.089	33.159	27.930	28.021						
	TIR	11%	11,41%	10,05%	10,08%	8,57%	8,59%						
Árvores mistas M1 CAE	Custo/ha (R\$)	24.568	24.262	31.176	30.408	39.545	39.501						
	VPL (R\$)	-736	-475	-4.800	-4.484	-10.263	-10.252						
	TIR	3,59%	3,73%	0	1,83%	-0,22%	-0,24%						
Árvores mistas M2 CAE pessimista	Custo/ha (R\$)	24.157	24.273	30.692	30.749	39.797	39.669						
	VPL (R\$)	4.378	4.430	235	188	-5.622	-5.562						
	TIR	6,58%	6,67%	4,12%	4,10%	1,59%	1,60%						
Árvores mistas M2 CAE otimista	Custo/ha (R\$)	24.157	24.273	30.692	30.749	39.797	39.669						
	VPL (R\$)	37.691	37.743	33.549	33.501	27.665	27.751						
	TIR	12,62%	12,75%	11%	11%	8,78%	8,80%						
Árvores mistas M3 CAE	Custo/ha (R\$)	22.250	21.791	27.436	27.563	35.430	35.302						
	VPL (R\$)	2292	2620	-944	-1.088	-6.318	-6.226						
	TIR	5,34%	6%	3,50%	3,43%	1,14%	1,17%						

SAE: Sem aproveitamento econômico
CAE: Com aproveitamento econômico

Apêndice 5 - Descrição dos modelos de restauração florestal de Reserva Legal com aproveitamento econômico

- A. *Árvores nativas*: Neste modelo são utilizadas somente madeiras nativas, dos diferentes tipos de madeira, sendo madeira inicial, média e final. Nesse modelo, os ciclos das madeiras são nos anos 10, 20, 30 e 40.

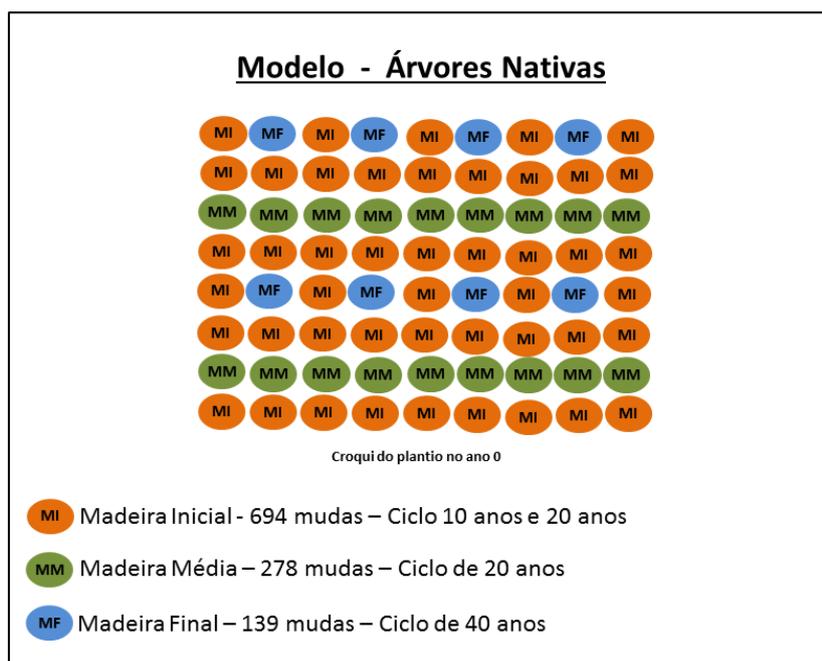


Figura A 11: Croqui do plantio no ano zero do modelo de árvores nativas.

Inicialmente, o plantio terá 62,5% de mudas de madeira inicial (MI), 25% de madeira média (MM) e 12,5% de madeira final (MF). As linhas de MI e MM são contínuas e as linhas com MF são intercaladas por MI.

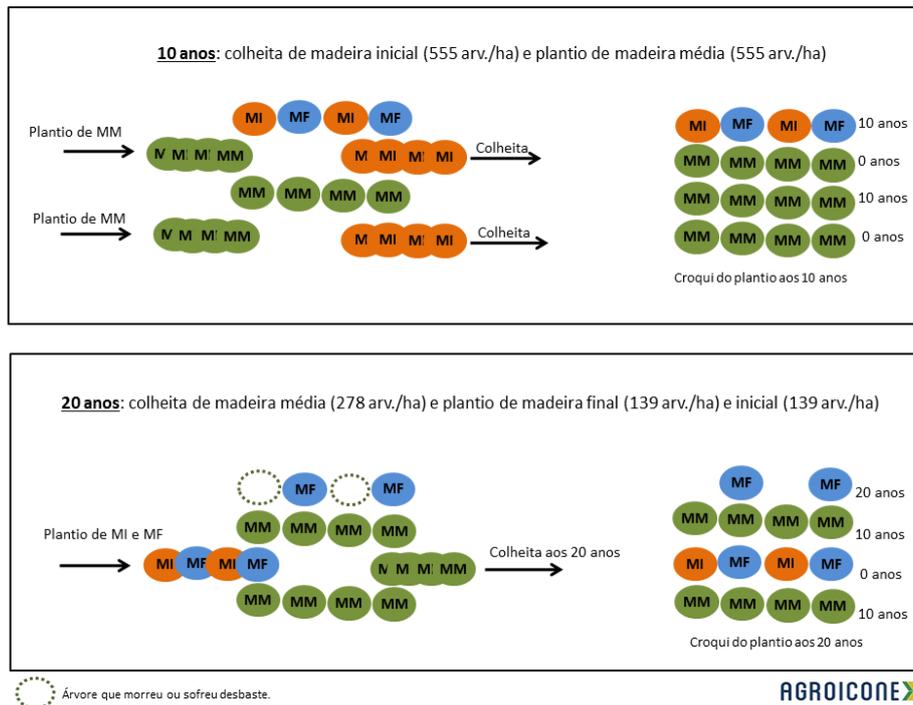
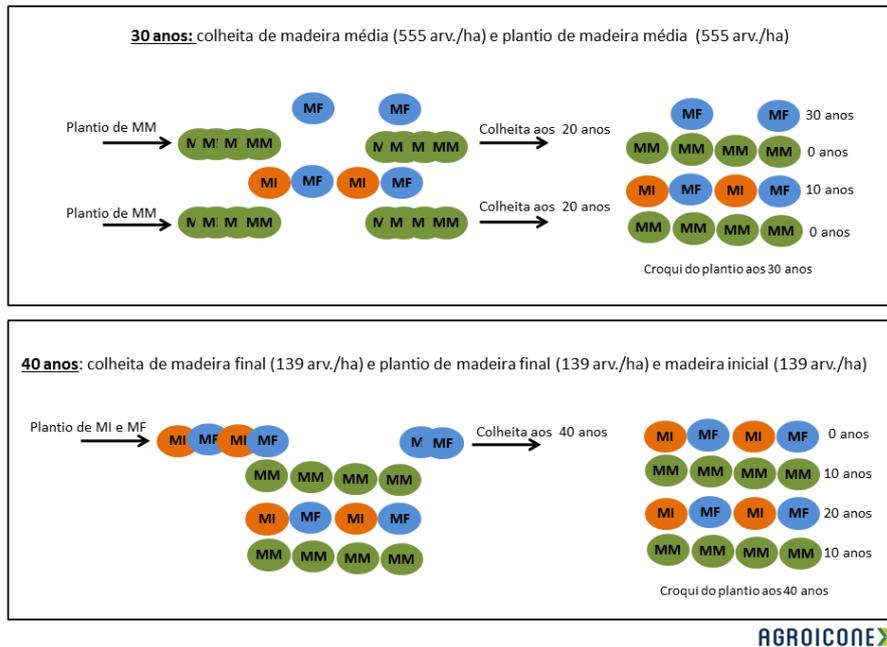


Figura A 12: Croqui do plantio aos 10 e 20 anos.

Dez anos após o plantio, quando ocorre a primeira receita do sistema, espera-se que as madeiras iniciais estejam em ponto de corte, assim, elas saem do sistema e darão lugar para uma linha contínua de MM, que serão sombreadas pela a linha MM que foram plantadas no ano zero.

Aos 20 anos, a linha de MM plantada no ano zero sai do sistema e planta-se uma nova linha alternada com MI e MF. Espera-se que, na linha alternada com MI e MF plantada no ano zero, as MI tenham morrido. Se isso não ocorrer, terão que sofrer desbaste. Aos 20 anos, a segunda receita é gerada no sistema.



AGROICONE 

Figura A 13: Croqui do plantio aos 30 e 40 anos de idade.

Aos 30 anos, as linhas contínuas de MM plantadas no décimo ano saem e dão lugar a novas linhas de MM contínuas. Nesse período, ocorre a maior receita do sistema, pois saem mais linhas de MM, conseqüentemente, há um maior volume de madeira. Nessa idade tem-se a terceira receita.

Aos 40 anos, as MF saem do sistema e dão lugar a uma nova linha de MI e MF. São as madeiras de maior valor comercial.

- B. Árvores mistas 1:** Neste modelo há substituição das madeiras iniciais pelo eucalipto, sendo os ciclos nos anos: 7, 15, 20, 35 e 40. No sétimo ano não é efetuado um novo plantio da madeira colhida do eucalipto. É feito a talhadia, ou seja, a condução da rebrota das cepas (tocos) das árvores cortadas.

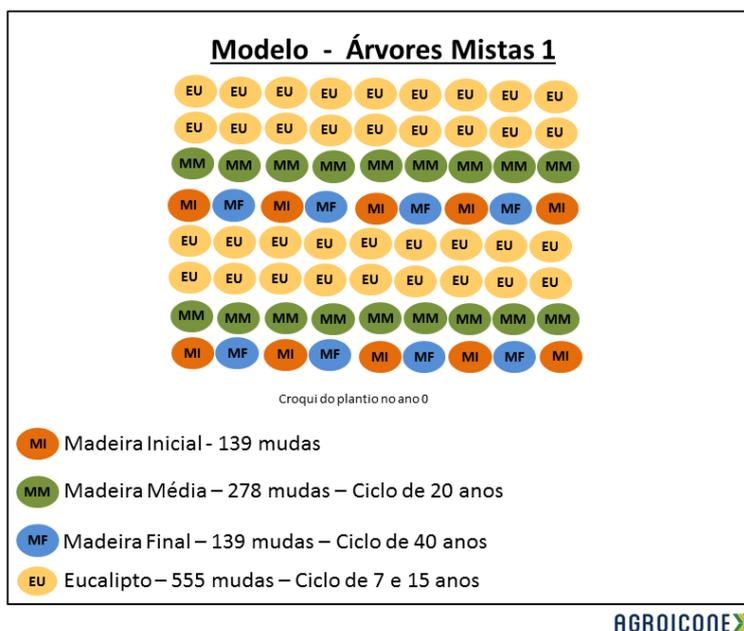


Figura A 14: Croqui do plantio no ano zero do modelo de árvores mistas.

Nesse sistema de plantio, inicialmente, 50% das árvores são eucaliptos, plantadas em linhas duplas contínuas. As MI, MM e MF aparecem na proporção, respectivamente, 12,5%, 25%, 12,5%, respectivamente.

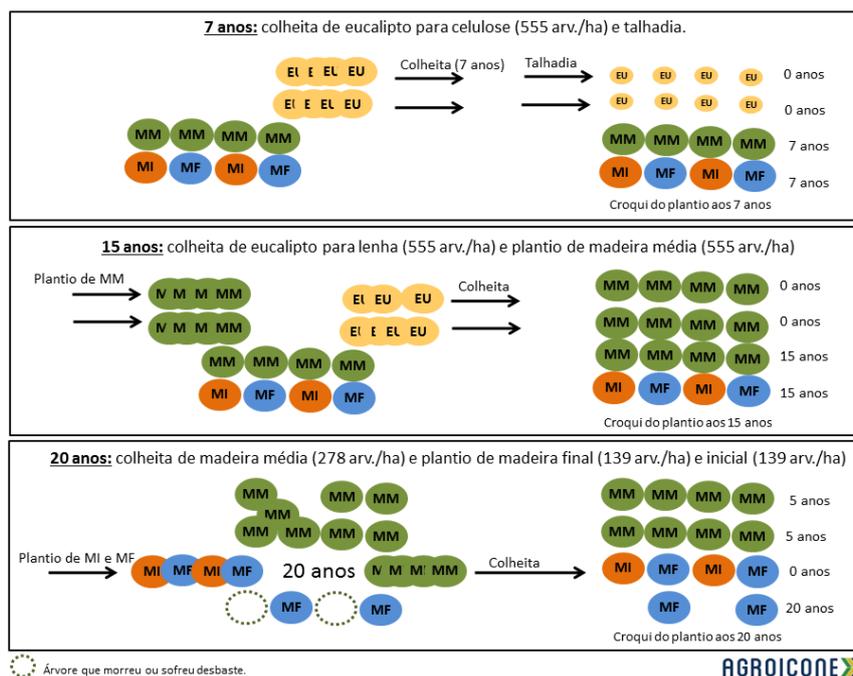


Figura A 15: Croqui do plantio nos anos 7, 15 e 20 anos.

Aos 7 anos, as linhas duplas de eucalipto sofrem corte raso, porém, são mantidas as cepas (tocos) para a condução da rebrota (sistema de talhadia). Nesse período, as linhas com espécies nativas também tem 7 anos de idade. Ainda nessa idade, é gerada a primeira receita.

Aos 15 anos, os eucaliptos da talhadia são colhidos e as linhas são substituídas por linhas duplas de MM. Nessa idade, as linhas de nativas tem idades entre zero e 15 anos. Nesse momento, tem-se a segunda receita do plantio.

Após 20 anos de plantado, nesse modelo de plantio, tem-se a saída das MM plantadas no ano zero e essas linhas são substituídas por linhas de MF e MI. Nesse período, tem-se a terceira receita gerada pelo sistema.

Nota: Via de regra, sistemas de talhadia, se não forem bem conduzidos, podem ter produtividade reduzida em até 30%; aqui não se considerou essa perda no volume da madeira.

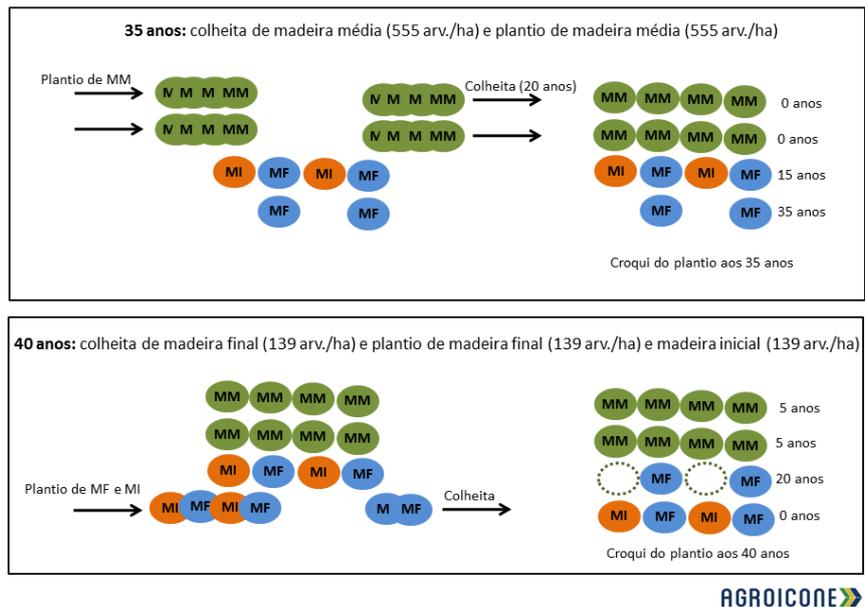


Figura A 16: Croqui do plantio aos 35 e 40 anos.

Aos 35 anos de idade, as linhas com madeira média, plantadas há 20 anos, são colhidas e geram a quarta receita no sistema de plantio.

Aos 40 anos, são colhidas as madeiras finais, de maior valor econômico, quando é plantada uma nova linha de MI e MF. A quinta receita é gerada nessa idade.



Figura A 17: Plantio experimental de restauração florestal com aproveitamento econômico, realizado pela Embrapa/ISA no município de Canarana/MT.

Notar à esquerda da foto as linhas de eucalipto.

- C. *Árvores mistas 2*: Neste modelo também há substituição das madeiras nativas iniciais pelo eucalipto, com os ciclos nos anos 6, 15, 20, 35 e 40. As diferenças desse modelo para o modelo árvores mistas 1 são:
- I) O ciclo do eucalipto é adiantado em um ano;
 - II) Somente metade das árvores é colhida e não há talhadia dessa;
 - III) As demais árvores de eucalipto são deixadas para serraria com o seu ciclo aos 15 anos.

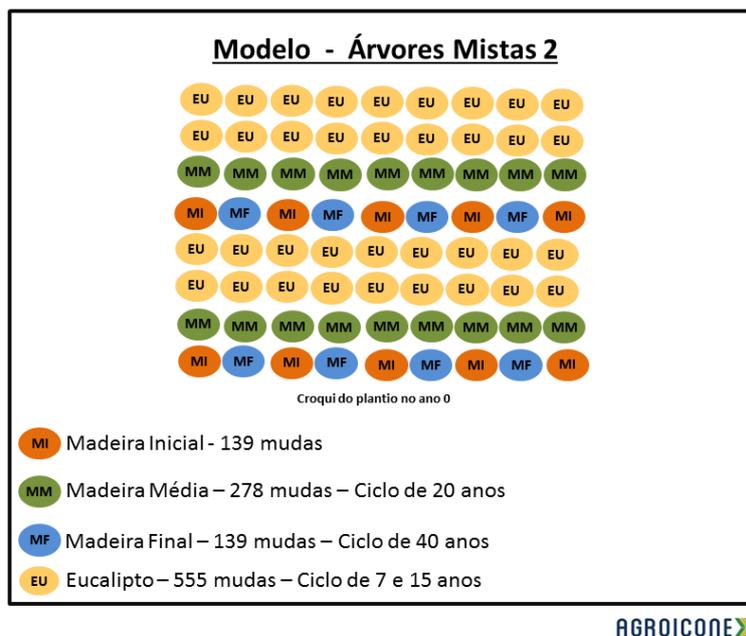


Figura A 18: Croqui do plantio no ano zero.

A proporção inicial dos tipos de madeira é idêntica ao modelo árvores mistas 1.

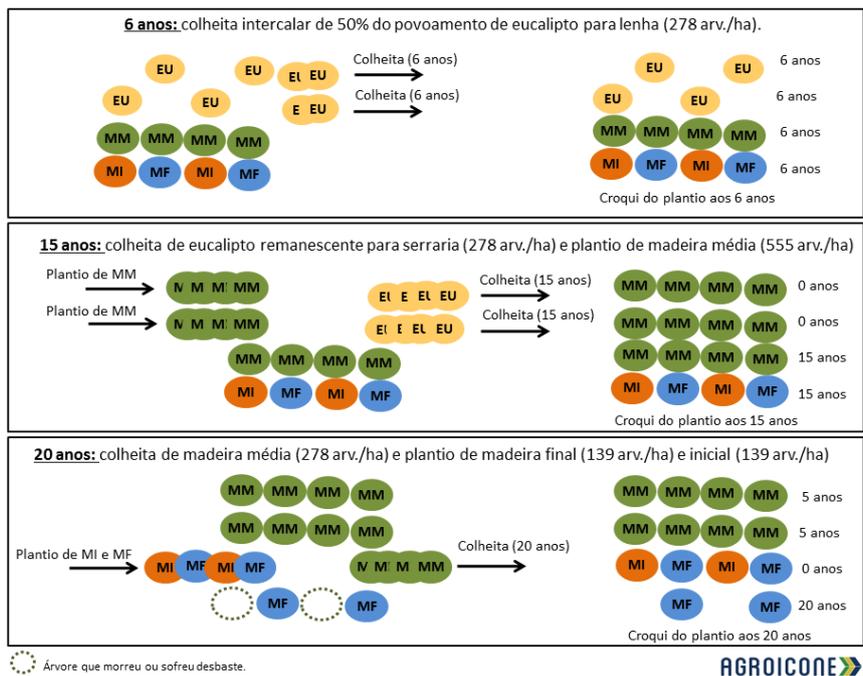


Figura A 19: Croqui do plantio aos 6, 15 e 20 anos.

Após 6 anos, o primeiro corte do eucalipto é feito, retirando de forma alternada as árvores, abrindo espaço para os eucaliptos remanescentes. No total são retiradas 278 árvores e gera-se a primeira receita do sistema. A madeira nessa idade tem finalidade para lenha ou carvão.

Aos 15 anos de idade, as árvores remanescentes de eucalipto são colhidas e destinadas para serraria ou poste, pois permaneceram por mais tempo no campo e tiveram espaço ampliado, conseqüentemente, maior volume individual do que as árvores colhidas aos 6 anos. Essa linha dupla de eucalipto, colhida aos 6 e 15 anos, dará lugar para uma linha dupla de madeira média. Com a colheita do eucalipto aos 15 anos, destinada para poste, gera-se a segunda receita no sistema e com maior valor agregado a matéria prima.

Após 5 anos da colheita do eucalipto, ou seja, aos 20 anos, são colhidas as madeiras médias, gerando a terceira receita do sistema.

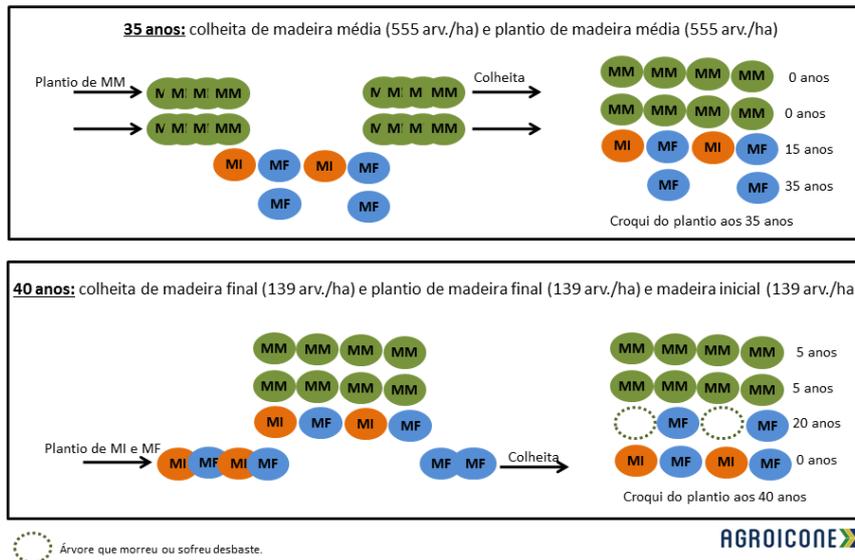
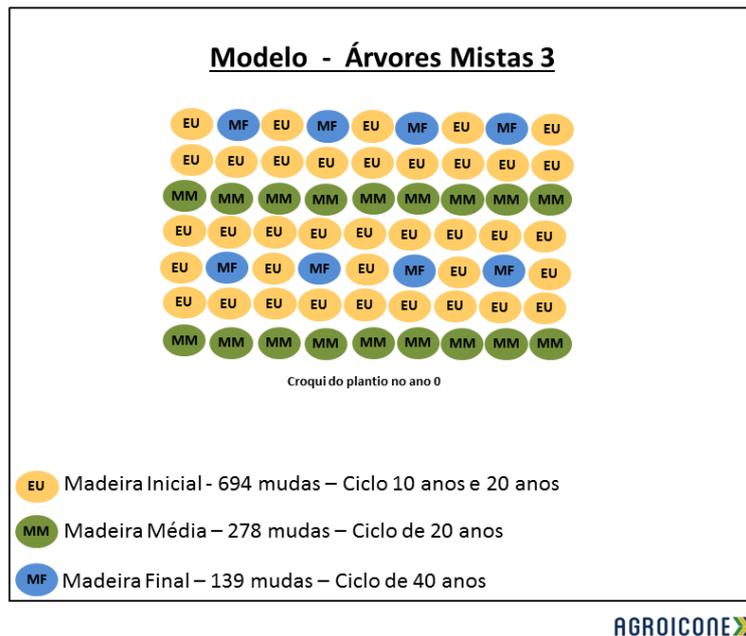


Figura A 20: Croqui do plantio aos 35 e 40 anos.

Aos 35 anos de idade, a linha dupla de madeira média, plantada há 20 anos, é colhida e novas mudas do mesmo tipo de madeira são plantadas, quando é gerada a quarta receita no sistema.

Aos 40 anos, são colhidas as madeiras finais e uma nova linha do mesmo tipo de madeira é plantada em substituição dessa linha que foi colhida. Tem-se a quinta receita do sistema, com as madeiras de maior valor comercial.

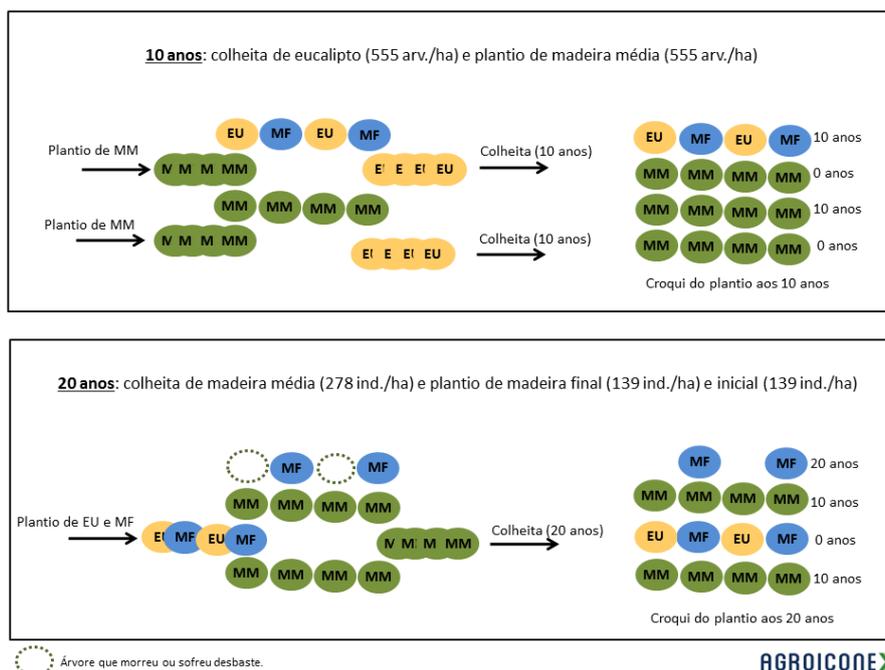
- D. **Árvores mistas 3:** Este modelo é idêntico ao modelo árvores nativas no que diz respeito ao ciclo das madeiras que são aos 10, 20, 30 e 40 anos, porém, as madeiras iniciais são substituídas por eucalipto.



AGROICONE 

Figura A 21: Croqui do plantio no ano zero.

Esse modelo é teórico e criado a partir do modelo árvores nativas 1.



AGROICONE 

Figura A 22: Croqui do plantio aos 10 e 20 anos no modelo de árvores mistas 3.

Aos 10 anos de idade, as linhas com eucalipto são colhidas e, nas mesmas linhas, são plantadas madeiras médias. A primeira receita é oriunda da madeira do eucalipto.

Já aos 20 anos, a madeira média atingiu o ponto de corte, sendo substituída por uma linha de eucalipto intercalada com madeira final. Os eucaliptos da linha intercalada são desbastados. Nessa idade é gerada a terceira receita do sistema.

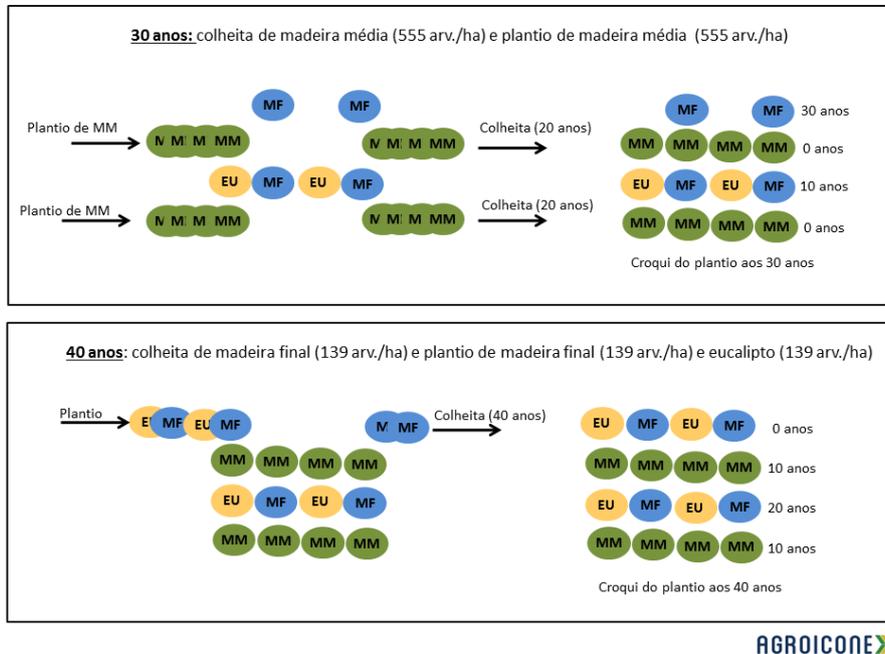


Figura A 23: Croqui do plantio aos 30 e 40 anos no modelo árvores mistas 3.

Aos 30 anos, a linha dupla de madeira média é colhida, sendo replantado nessas linhas o mesmo tipo de madeira. A terceira receita na idade de 30 anos é maior, pois se tem mais volume de madeira.

Aos 40 anos de idade, as madeiras finais são colhidas, uma nova linha das mesmas madeiras é plantada, e a quarta receita do sistema é gerada com maior valor econômico.