

# PRIORIDADES E LACUNAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM SILVICULTURA DE ESPÉCIES NATIVAS NO BRASIL

SAMIR GONÇALVES ROLIM, FÁTIMA C.M. PIÑA-RODRIGUES, DANIEL PIOTTO, ALAN BATISTA, MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS, SILVIO BRIENZA JUNIOR, MARIA JOSÉ BRITO ZAKIA, MIGUEL CALMON

## SUMÁRIO EXECUTIVO

### Destaques

- O desenvolvimento da silvicultura de espécies nativas é imprescindível para promover o setor florestal no Brasil e contribuir para que o país atinja as metas da CND (Contribuição Nacionalmente Determinada).
- Uma plataforma de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pré-competitiva é necessária para impulsionar o setor.
- Este trabalho descreve quatro cenários de investimentos para estabelecer uma Plataforma de P&D para espécies nativas da Amazônia e da Mata Atlântica.
- Alguns dos principais resultados incluem: (1) com base em quatro cenários, investimentos de USD 3,79 (BRL 14,6) a USD 7,30 (BRL 28,1) milhões podem ser necessários, o que representa menos de 0,05% do investimento brasileiro em P&D; (2) uma área de plantio de 10 mil hectares já justificaria o investimento na Plataforma de P&D.
- Um dos cenários de investimento propostos mostra um retorno de USD 2,39 para cada dólar investido em P&D.

## ÍNDICE

Sumário executivo .....	1
1. Introdução: recursos florestais e silvicultura no Brasil.....	3
2. Abordagem e metodologia .....	5
3. Conhecimento básico sobre silvicultura de espécies arbóreas nativas .....	8
4. Espécies arbóreas selecionadas e prioridades de pesquisa identificadas.....	10
5. Desenvolvimento de cenários de investimento .....	14
6. Análise custo-benefício (C/B) dos cenários de investimento .....	27
7. Conclusões.....	30
Referências.....	32
Notas .....	32
Anexo A. Participantes do workshop.....	33
Anexo B. Espécies arbóreas nativas selecionadas.....	34
Anexo C. Lacunas e prioridades de pesquisa .....	35
Anexo D. Associação simbiótica .....	41
Anexo E. Investimento necessário para a implementação de uma plataforma de P&D.....	42
Agradecimentos.....	44

*Este Working Paper contém pesquisas, análises, descobertas e recomendações preliminares. Eles são divulgados para estimular discussões oportunas e feedback crítico, além de influenciar o debate sobre questões emergentes. A maioria dos documentos de trabalhos são eventualmente publicados de outra forma e seu conteúdo pode ser revisado.*

**Citação Sugerida:** Rolim, S.G. et al., 2020. "Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil". Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível online em <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>

## Contexto

**O Brasil se comprometeu a restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de terras degradadas como parte de seu esforço para alcançar as metas climáticas da sua CND (Contribuição Nacionalmente Determinada).** O Acordo de Paris, a Iniciativa 20 x 20 e o Desafio de Bonn são iniciativas que reconhecem a restauração de florestas e o reflorestamento como as melhores e mais baratas estratégias para mitigar as mudanças climáticas e melhorar a resiliência econômica e social. A aceleração e ampliação de programas de reflorestamento, expandindo a área plantada com árvores de espécies nativas, tornou-se uma questão urgente. Nesse sentido, a silvicultura de espécies nativas pode ser um negócio viável que contribuirá para o reflorestamento. Atualmente, no Brasil, a madeira tropical provém principalmente de florestas naturais, contribuindo para o desmatamento, não obstante algumas experiências bem-sucedidas de manejo florestal em base de conhecimentos científicos.

**É amplamente reconhecido que mudar o suprimento de madeira tropical de florestas naturais para plantações florestais é um enorme desafio.** Essa mudança requer não apenas grandes esforços em termos de aplicação da lei, mas também o desenvolvimento de soluções científicas. Para que se promova a silvicultura de espécies nativas, são necessárias mais informações sobre aspectos como melhor origem e qualidade na colheita de sementes, produção de sementes e mudas, densidade de plantio, condições de plantio (sombra ou luz), taxas de crescimento, arranjo de espécies, atividades de manejo (desbaste, poda), controle de insetos e doenças, duração do ciclo de corte, qualidade da madeira das espécies plantadas, entre outros aspectos. Embora várias espécies já tenham sido estudadas, os resultados podem variar de acordo com a região climática e a metodologia utilizada. Muitos estudos foram realizados em florestas naturais e precisam ser adaptados às plantações florestais.

## A Necessidade de Mais Pesquisas

**Este Working Paper avalia lacunas no estado atual dos conhecimentos científicos e define prioridades para a promoção da silvicultura de espécies nativas brasileiras.** O artigo identifica estudos realizados no Brasil sobre silvicultura de espécies arbóreas nativas, define as principais lacunas de pesquisa e propõe prioridades de pesquisas para a Plataforma de P&D. Também quantifica o investimento necessário para promover a pesquisa proposta e superar as barreiras identificadas na análise de lacunas, além de quantificar os benefícios da Plataforma de P&D

a curto, médio e longo prazos e a escala econômica ideal para justificar investimentos, com base na demanda por madeira tropical e nos benefícios para o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

**O artigo propõe uma plataforma de P&D pré-competitiva para as espécies de árvores mais promissoras.** De uma lista de 45 espécies arbóreas nativas pré-selecionadas encontradas nos biomas da Amazônia e da Mata Atlântica, 30 espécies prioritárias foram escolhidas, 15 para o bioma Amazônia e 15 para o bioma Mata Atlântica. Algumas espécies do bioma Mata Atlântica também ocorrem na Amazônia e vice-versa. No entanto, 16 dessas 30 espécies também ocorrem no bioma Cerrado, possibilitando a aplicação de algumas das prioridades de pesquisa propostas ao Cerrado.

**O número relativamente alto de espécies prioritárias selecionadas para o programa pré-competitivo de P&D justifica-se, principalmente, porque os sistemas silviculturais para espécies nativas são mais complexos que os das espécies exóticas.** Visando atender aos objetivos das convenções sobre clima e biodiversidade, uma base grande e diversificada de espécies, plantadas juntas (ou seja, em consórcio), torna-se necessária.

**Quatro cenários de investimentos são propostos para a construção de uma plataforma de P&D. Os cenários foram baseados no número de espécies (14, 20 ou 30) e no período de investimento (10 ou 20 anos) a serem pesquisados.** O cenário I (com prazo de 20 anos e 30 espécies) requer investimento de cerca de USD 7,30 (BRL 28,1) milhões e foi considerado o melhor cenário de suporte à pesquisa de uma nova economia florestal baseada em espécies nativas. O maior investimento compete ao custo de reflorestar 500 hectares com ensaios experimentais, que também inclui o custo anual de monitoramento durante 20 anos.

## Conclusões Principais

Os principais fatores que afetam a rentabilidade das plantações de espécies nativas são a distância dos portos e a combinação de espécies utilizadas. O bioma Amazônia está muito mais longe dos portos (distância média de 2.000 km) do que o bioma Mata Atlântica (distância média de 300 km), o que aumenta muito os custos. Por outro lado, misturar espécies exóticas com espécies nativas aumenta a rentabilidade, uma vez que as espécies exóticas incorporam os benefícios de P&D adquiridos nos últimos 40 anos, o que resultou em sistemas de gestão mais eficientes e maiores rendimentos.

Uma escala de até 10.000 hectares já justificaria um investimento na Plataforma de P&D, embora exista um enorme potencial para aumentar a escala de silvicultura de espécies arbóreas nativas para milhões de hectares visando atender à demanda global de madeira. Além disso, com a plataforma estima-se aumentos de produtividade da ordem de 35% a 56% em 20 anos.

A silvicultura de espécies arbóreas nativas pode ajudar a atender à crescente demanda por madeira tropical e gerar outros benefícios. Esses benefícios adicionais incluem redução de desmatamento e degradação; aumento da biodiversidade local; remoção de milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera; aumento de empregos verdes e renda; e reduções dos custos de restauração e de reflorestamento.

Não há barreira legal para o estabelecimento de plantações de espécies arbóreas nativas para fins econômicos ou ambientais. Não obstante, processos e estruturas administrativas dúbias e complexas dificultam o progresso. São necessários esforços urgentes para esclarecer as leis florestais relevantes e definir a competência legal das diferentes instituições governamentais.

Para solucionar as lacunas de conhecimento e superar os desafios de implementação, é essencial formar uma rede cooperativa e desenvolver uma Plataforma de P&D pré-competitiva. A plataforma deve envolver as principais universidades públicas e instituições de pesquisa com conhecimento florestal, além de empresas florestais e instituições de governo. Um esforço conjunto de pesquisa poderia imitar o sucesso dos programas desenvolvidos para espécies de eucalipto e pinus nas últimas décadas. Atualmente, essas espécies exóticas representam o principal suporte da indústria florestal brasileira. Há, ainda, uma necessidade urgente de desenvolver novas tecnologias comercialmente aplicáveis para melhorar a produtividade e o desempenho das principais espécies arbóreas nativas brasileiras.

## 1. INTRODUÇÃO: RECURSOS FLORESTAIS E SILVICULTURA NO BRASIL

O Brasil é rico em recursos florestais, com mais de 500 milhões de hectares (Mha) de florestas nativas e aproximadamente 8 Mha de florestas plantadas. Graças à área e diversidade de suas florestas, o Brasil é um dos líderes no fornecimento de produtos como madeira, alimentos, óleos e resinas, além de serviços ambientais, incluindo armazenamento de carbono. No entanto, o país também tem uma tradição de uso insustentável

da terra. Um programa único foi criado no Brasil para restaurar 15 milhões de hectares de terras degradadas no bioma Mata Atlântica até 2050, para atender à implementação do Código Florestal (Lei 12.651/12) e atingir a meta de cobertura florestal de 30% (Calmon et al., 2011). No Brasil, esse déficit florestal é uma “responsabilidade ambiental” ou uma necessidade de cumprimento da legislação vigente via reflorestamento.

Uma parte significativa do passivo será reduzida através da restauração e reflorestamento com espécies nativas. O Brasil possui cerca de 30 a 70 Mha de pastagens degradadas com baixa aptidão para a agricultura que poderiam se beneficiar da restauração e reflorestamento (Dias-Filho, 2014). A maior parte dessa vasta área está concentrada nos biomas Amazônia e Mata Atlântica. Portanto, são necessários maiores esforços para promover a silvicultura nessas áreas e criar florestas com valor econômico.

A flora brasileira compreende aproximadamente 8.715 espécies de árvores, representando 14,5% de todas as espécies de árvores conhecidas no mundo (Beech et al., 2017). Dessas, algumas centenas de espécies são mencionadas como de alta qualidade para a produção de madeira (Mainieri & Chimelo, 1989; Ibama, 1997; Nahuz et al., 2013). No entanto, apenas algumas espécies das florestas naturais do Brasil são colhidas. No estado de Mato Grosso, por exemplo, quatro espécies (*Qualea* sp. ou cambará, *Goupia glabra* ou cupiúba, *Erismia uncinatum* ou cedrinho, *Mezilaurus itauba* ou itaúba) representam 63% de toda a madeira colhida em florestas naturais (Ribeiro et al., 2016).

No Brasil, 14 milhões de m<sup>3</sup> de toras são extraídos de florestas naturais a cada ano (Veríssimo & Pereira, 2014). A madeira é um dos produtos mais importante da floresta, mas se as tendências atuais de consumo continuarem, a madeira tropical de florestas naturais pode se tornar escassa, levando ao aumento dos preços nos próximos 50 anos (Buongiorno, 2015). Essa situação criou a necessidade urgente de iniciar programas de reflorestamento em massa para atender à demanda atual e futura de madeira proveniente de florestas plantadas e aliviar a pressão sobre florestas naturais (FAO, 2013).

Vários países da Europa, América do Norte, Ásia Central e Ocidental e Norte da África investem na produção de madeira com espécies nativas locais. Mas em alguns países, como o Brasil, o investimento em silvicultura vem crescendo apenas com o uso de espécies exóticas (Payn et al., 2015). O Brasil possui um enorme capital natural e também os meios para

transformar a conservação e o uso sustentável de seus ativos ambientais em oportunidades, o que permitirá que o país enfrente uma mudança climática e promova a prosperidade socioeconômica (Metzger et al., 2019). O consumo de madeira de espécies nativas é alto no Brasil e geralmente ilegal, sendo essencial promover a silvicultura de espécies arbóreas nativas.

Para promover a silvicultura de espécies nativas, são necessárias mais informações sobre as fontes e a qualidade das sementes, produção de mudas, densidade de plantio, condições de plantio (sombra ou luz), taxas de crescimento, arranjo das espécies, atividades de manejo (desbaste, poda), controle de insetos e doenças, duração do ciclo de corte, qualidade da madeira das espécies plantadas, entre outros.

O desenvolvimento da silvicultura utilizando espécies arbóreas nativas deve seguir o exemplo estabelecido pelo desenvolvimento da produção de eucalipto e pinus nas últimas décadas.

Essas espécies, ambas dominantes no setor florestal do Brasil, aumentaram sua produtividade pelo desenvolvimento de técnicas de produção e melhoramento genético. Uma Plataforma de P&D paralela e robusta para espécies nativas deve se basear nas informações disponíveis, tanto na forma de artigos, teses e livros, quanto na experiência prática de gestores, pesquisadores e profissionais de campo. Informações avançadas sobre cada espécie relevante fornecerão o caminho para o desenvolvimento. Um programa de P&D em silvicultura de espécies arbóreas nativas é uma abordagem inovadora e pode fornecer benefícios econômicos, sociais e ambientais. Essa é uma das razões pelas quais a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, uma aliança de mais de 200 organizações do setor privado e da sociedade civil, priorizou o estabelecimento de uma Plataforma de P&D como parte de seu apoio à transição do Brasil para uma economia de baixo carbono.

## 1.1. Objetivos

O conhecimento sobre silvicultura de espécies nativas não está organizado ou consolidado, dificultando o acesso a informações técnicas e avaliações de risco que poderiam auxiliar os tomadores de decisão e aumentar o interesse dos investidores.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as prioridades e lacunas e de pesquisa em silvicultura de espécies arbóreas nativas brasileiras e projetar uma Plataforma de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pré-competitiva para promover o uso das espécies mais promissoras. Os objetivos específicos são:

- Identificar as principais pesquisas realizadas no Brasil sobre silvicultura de espécies arbóreas nativas.
- Definir as principais lacunas de pesquisa e propor prioridades de pesquisa a serem apoiadas por uma Plataforma de P&D para a silvicultura de espécies arbóreas nativas no Brasil.
- Quantificar o investimento necessário para promover a pesquisa proposta e superar as barreiras identificadas na análise de lacunas.
- Quantificar os resultados da pesquisa, em termos econômicos, a curto, médio e longo prazo (1 a 5 anos; 5 a 10 anos; e 10 a 20 anos, respectivamente).
- Quantificar a escala econômica ideal para justificar os investimentos na Plataforma de P&D, com base na demanda por madeira tropical e nos benefícios para o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

## 1.2. A Necessidade de uma Plataforma de P&D

O desafio de acelerar e ampliar a restauração florestal e o reflorestamento é enorme. O Desafio de Bonn estabeleceu uma meta de restauração de 150 Mha de terras e florestas degradadas até 2020 e 350 Mha até 2030; e os compromissos assumidos no Acordo de Paris sobre mudança climática estabelecem para a CND (Contribuição Nacionalmente Determinada) do Brasil a restauração ou reflorestamento de 12 milhões de hectares até 2030. Essas metas só são viáveis se modelos de negócios que combinam espécies nativas madeireiras e não madeireiras fizerem parte do pacote de soluções.

Um elemento essencial para enfrentar esses desafios será o estabelecimento da rede cooperativa conhecida como Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, envolvendo as principais universidades públicas e agências de pesquisa com experiência em florestas, além de empresas florestais e o governo. Essa rede poderá se basear na experiência de arranjos institucionais já estabelecidos para espécies exóticas.

A ampliação de modelos de negócios para espécies nativas depende do desenvolvimento de um programa pré-competitivo de P&D para melhorar a produtividade e o desempenho das principais espécies arbóreas nativas brasileiras.

Um programa pré-competitivo de P&D pode ser definido como uma pesquisa cooperativa conduzida em conjunto por instituições normalmente concorrentes, com o objetivo de desenvolver novas tecnologias comercialmente aplicáveis (Longo & Oliveira, 2000).

A Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura - que apoia uma economia de baixo carbono no Brasil - definiu como uma de suas principais prioridades a implementação de um programa pré-competitivo de P&D para espécies arbóreas nativas. Esse programa seria semelhante ao estabelecido para plantações de eucalipto e pinus nos últimos 50 anos, com base em técnicas de produção aprimoradas e melhoramento genético. No entanto, o conhecimento sobre silvicultura de espécies nativas está atualmente disperso e desorganizado, o que limita o acesso a informações técnicas e avaliações de risco necessárias tanto para os tomadores de decisão quanto para os potenciais investidores.

Atualmente, a redução do desmatamento e o aumento da restauração e reflorestamento são as formas mais eficientes e econômicas de mitigar o aquecimento global (Bastin et al., 2019). Aprimorar a silvicultura de espécies nativas por meio de um programa de P&D bem projetado traz grandes benefícios ao clima, à conservação da biodiversidade e, de acordo com nossa análise, também pode ser um bom negócio.

Este trabalho foca nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, tendo em vista as iniciativas de pesquisa existentes, a diversidade de suas espécies florestais e o potencial edafoclimático desses biomas para a produção de madeira nativa.

Uma parte importante do esforço consiste em reunir e sistematizar todas as informações disponíveis sobre espécies nativas, seja na literatura ou na experiência pessoal de gestores, pesquisadores, especialistas e profissionais de campo. O conhecimento final sobre as espécies relevantes poderá, assim, constituir a base para projetar e implementar uma plataforma de P&D pré-competitiva robusta para espécies arbóreas nativas.

## 2. ABORDAGEM E METODOLOGIA

Nos itens a seguir é abordada a metodologia adotada por pesquisadores e especialistas para: organizar uma revisão da literatura sobre silvicultura de espécies arbóreas nativas nos biomas Amazônia e Mata Atlântica; definir uma pré-lista de 45 espécies com potencial madeireiro; estabelecer os tópicos de pesquisa considerados mais importantes para a silvicultura de 30 espécies nativas prioritárias em uma Plataforma de P&D de curto, médio e longo prazos; estimar custos e lucros da plataforma; e estimar o retorno e a escalabilidade de um programa de P&D.

### 2.1 Estabelecendo o Conhecimento Básico Sobre Silvicultura de Espécies Nativas

Um workshop de três dias foi organizado com a participação de pesquisadores e especialistas em espécies florestais nativas de várias instituições e regiões brasileiras (Anexo A). Previamente ao workshop, um grupo de especialistas realizou uma revisão da literatura sobre silvicultura de árvores nativas e preparou uma pré-lista de 45 espécies com potencial madeireiro (Anexo B). As espécies foram escolhidas no processo de pré-seleção com base nas seguintes condições:

- Espécies nativas da Mata Atlântica, da Amazônia, ou de ambas.
- Uso como espécie madeireira comprovado.
- Viável em plantações homogêneas e mistas, consórcios e sistemas agroflorestais.

Considerou-se, ainda, a capacidade das espécies arbóreas nativas de fornecer produtos não madeireiros como valor agregado. No entanto, essa não foi uma condição necessária para incluir uma espécie na pré-lista.

As espécies pré-selecionadas foram então classificadas em níveis de prioridade quanto ao seu crescimento e manejo (Tabela 1).

Tabela 1 | Critérios usados para a seleção de espécies arbóreas na lista inicial

NÍVEL DE PRIORIDADE	CRITÉRIO
1A	Taxa de crescimento rápido (> 0,8 cm de incremento anual de diâmetro), forma desejada para o mercado madeireiro (madeira serrada) e valor percebido de mercado
1B	Crescimento lento (<0,8cm de incremento anual de diâmetro), forma desejada para o mercado madeireiro e valor percebido de mercado
2	Manejo difícil (ex. tronco deformado ou suscetível a pragas e doenças), mas com valor percebido de mercado.
3	Boas características silviculturais, mas conhecimento limitado no mercado madeireiro

Ainda antes do workshop, pesquisadores e especialistas (Anexo A), em diversas áreas temáticas (Tabela 2), foram consultados sobre o estado da arte da pesquisa em seu campo de conhecimento, com a liberdade de sugerir e convidar outros pesquisadores e colaboradores a fornecerem informações sobre as espécies pré-selecionadas.

Também previamente, todos responderam a perguntas (ver a seguir) e preencheram planilhas (Anexos C e Anexo D) a partir de suas experiências profissionais relevantes (incluindo informações não publicadas), experiências relacionadas ao estudo (pesquisa e/ou trabalho técnico), e seu conhecimento empírico e prático.

Seus esforços foram apoiados por estagiários de programas de graduação e pós-graduação das instituições dos pesquisadores. Os estagiários contribuíram, sob a orientação dos pesquisadores, analisando a literatura ou informações sobre as espécies e seus temas. Cada coordenador teve autonomia para escolher ou remover variáveis em cada tema (ver Tabelas C1 a C7 em anexo e Tabela D1 em anexo), construindo um banco de dados de acordo com a experiência disponível. Basicamente as planilhas tinham por objetivo ajudar a responder:

- Quais espécies têm lacunas de pesquisa em sua área temática?
- Qual é o estado da arte da pesquisa na sua área temática?

Tabela 2 | **Áreas temáticas consideradas pelos participantes do workshop**

GRUPO	ÁREA TEMÁTICA
1	Sementes
	Mudas
	Propagação vegetativa
	Melhoramento genético
2	Ecofisiologia
	Micorriza e rizóbio
	Manejo Florestal
3	Tecnologia Madeireira
	Zoneamento florestal
	Modelagem de produção
4	Benefícios e carbono
	Economia e mercado
	Políticas e legislação florestal

O workshop foi realizado de 3 a 5 de setembro de 2018, na Floresta Nacional de Ipanema (FLONA Ipanema), em Iperó, Estado de São Paulo. O evento incluiu inicialmente a apresentação e discussão dos resultados da revisão de literatura e pesquisa bibliográfica de cada área temática. Durante o workshop, os participantes foram divididos em quatro grupos de trabalho, cada um considerando questões afins em uma área temática (Tabela 2), com o objetivo de promover o intercâmbio de experiências e debates. Um grupo específico concentrou-se na análise de políticas e legislações públicas que pudessem apresentar obstáculos ao estabelecimento de um negócio florestal envolvendo espécies nativas.

Outros temas debatidos em cada grupo de trabalho incluíram:

- Definir as espécies prioritárias para a silvicultura (a partir de 45 espécies pré-selecionadas) com base no conhecimento e nas lacunas existentes. Durante o workshop, os grupos poderiam incluir novas espécies.
- Estabelecer prioridades de pesquisa a curto (0-5 anos), médio (5-10 anos) e longo prazo (> 10 anos).
- Estimar, em grupo, aspectos como benefícios, infraestrutura e custo preliminar necessário para a implantação de uma Plataforma de P&D em silvicultura de espécies arbóreas nativas a curto, médio e longo prazo.

Ao desenvolver as respostas, os participantes levaram em consideração a literatura existente, os projetos de pesquisa em andamento e as lacunas e prioridades de pesquisa.

O processo de coleta de dados quantitativos foi amplo e participativo. No final das discussões, um debate foi organizado pela equipe de planejamento do workshop, visando integrar as informações e os debates de cada grupo temático (Tabela 2). Os resultados do workshop incluíram: uma lista de espécies selecionadas, a definição de lacunas e prioridades de pesquisa para cada espécie, e um esboço da Plataforma de P&D, incluindo a escala, necessidades de investimento, resultados esperados e custo-benefício, apresentados a seguir.

## 2.2 Seleção de Espécies e Identificação de Prioridades de Pesquisa

Uma metodologia proposta pelo Dr. Antônio Paulo Mendes Galvão, ex-chefe geral da Embrapa Florestas (organização pública de pesquisa em agricultura, pecuária e floresta), foi utilizada para padronizar a priorização de espécies arbóreas (entre as 45 espécies pré-listadas), temas e pesquisas nos diferentes grupos de trabalho (Tabela 3). Esse processo foi necessário porque a priorização nos setores ambiental e florestal é ainda mais importante do que na agricultura, uma vez que as árvores respondem mais lentamente ao manejo do que as culturas agrícolas. Cada grupo de trabalho atribuiu um peso (importância relativa) aos critérios estabelecidos e, com base no banco de dados e nas experiências pessoais (anteriormente desenvolvidos), os participantes atribuíram notas de zero (piores cenários) a três (melhores cenários) aos critérios propostos. Em seguida, foi calculado o escore (nota relativa em termos de importância) para cada critério e determinada a soma dos escores para cada espécie (Tabela 3). Ao final, as espécies com maior pontuação foram selecionadas.

O objetivo da priorização foi destacar as espécies nativas mais adequadas para o desenvolvimento de um programa silvicultural em larga escala e que seja economicamente viável, semelhante ao empregado para eucalipto e pinus. Os grupos do workshop puderam incluir novos critérios e métricas após debater com os colegas, mas sempre seguindo o método de priorização, que permitia a comparação entre os grupos.

Outras considerações importantes incluíram os custos e benefícios estimados de um programa de P&D a curto, médio e longo prazo; o potencial das espécies para se adaptar e mitigar os impactos das mudanças climáticas; a resiliência dos ecossistemas; e processos de produção.

Tabela 3 | Modelo para priorizar espécies arbóreas nativas para uso em plantações

CRITÉRIO		IR (%)	ESCORE	PONTUAÇÃO
<b>Características econômicas</b>	Mercado consolidado			
	Mercado promissor			
	Preço de produtos (madeireiros ou não)			
<b>Eficiência do Processo de Pesquisa</b>	Prazo para obter resultados			
	Custo da pesquisa			
<b>Características Silviculturais</b>	Crescimento			
	Adaptação a diferentes solos			
	Adaptação a diferentes climas			
	Ocorrência de pragas e doenças			
<b>Pontuação total do tema / projeto / ação (soma das pontuações)</b>				

Nota: IR (%) = Importância Relativa Considerando os Critérios de Características Econômicas, Eficiência do Processo de Pesquisa e Características Silviculturais; Escore: Melhor Avaliação = 3; Avaliação Intermediária = 2; Pior avaliação = 1; Insignificante ou Nenhuma = 0; Pontuação = (IR Escore) / 100

## 2.3 Desenvolvimento de Cenários de Investimento

Após o workshop, os autores estabeleceram quatro cenários de investimento envolvendo prazos variados, área de experimentação e diferentes números de espécies arbóreas selecionadas para pesquisa:

- **Cenário I** - prazo de 20 anos com 30 espécies, em uma área de 500 ha
- **Cenário II** - prazo de 10 anos com 30 espécies, em uma área de 500 ha
- **Cenário III** - prazo de 10 anos com 20 espécies, em uma área de 333 ha
- **Cenário IV** - prazo de 10 anos com 14 espécies, em uma área de 500 ha

Todos os cenários incluem a implantação de 10 áreas experimentais, 5 na Amazônia e 5 na Mata Atlântica, com o objetivo de desenvolver as áreas temáticas da plataforma em diferentes tipos climáticos e florísticos nesses biomas.

Isso permitiu estimar os benefícios e a escala (área de plantio) de uma Plataforma de P&D pré-competitiva para silvicultura de espécies arbóreas nativas nos biomas da Amazônia e da Mata Atlântica.

Para estimar e monetizar os benefícios adicionais de uma Plataforma de P&D foram utilizados dois modelos baseados na experiência do projeto VERENA (focado em demonstrar a viabilidade técnica e econômica da restauração e reflorestamento em larga escala com espécies nativas no Brasil) (Batista et al., 2017). Além disso, compararam-se os resultados iniciais (plantio de árvores sem P&D adicional) e os resultados previstos do plantio de árvores com os benefícios da contribuição de uma Plataforma de P&D. Os benefícios específicos avaliados em função da escala e dos investimentos em P&D foram carbono e retorno do investimento. As três seções a seguir apresentam os resultados do workshop e detalham as descobertas nas três áreas descritas acima: a atual base de pesquisa; a identificação de espécies arbóreas nativas e necessidades de pesquisas adequadas; e o desenvolvimento de cenários de investimento para o estabelecimento de uma Plataforma de P&D.

## 3. CONHECIMENTO BÁSICO SOBRE SILVICULTURA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

Os resultados da revisão de literatura realizada pelos coordenadores temáticos mostra que o número total de citações por tema para todas as 45 espécies pré-selecionadas (Tabela 4) é superior ao número de artigos. Isso ocorre porque o mesmo artigo pode citar mais de uma variável e, às vezes, mais de uma espécie. O melhoramento genético, o manejo da plantação e as sementes representam aproximadamente 78% do número total de citações de variáveis nas pesquisas publicadas.

Das 45 espécies pré-selecionadas, 10 representam 64% de todas as citações de variáveis, enquanto 21 espécies representam apenas 8,8% de todas as citações - algumas delas nem sequer são citadas. Esses resultados são evidências de que, embora um número substancial de estudos tenha sido publicado sobre assuntos relevantes para a silvicultura de espécies nativas, esses estudos concentram-se em pouquíssimas espécies.

As espécies que são objeto de maior volume de pesquisa estão no bioma Mata Atlântica, mas mesmo para essas espécies existem lacunas em alguns dos temas. Uma parte importante da pesquisa atual ou anterior sobre alguns tópicos, como mudas e sementes, diz respeito à ecologia das espécies e não diretamente à silvicultura de espécies nativas. Vale ressaltar que a revisão da literatura realizada pelos coordenadores do tema mostra que a maioria das recomendações técnicas para a silvicultura se baseia na experiência em primeira mão dos pesquisadores e na observação do comportamento da espécie em projetos de restauração, e não necessariamente em plantações silviculturais com fins econômicos. Embora várias espécies já tenham sido estudadas em algumas dessas áreas temáticas de pesquisa, os resultados podem variar de acordo com a região climática e a metodologia utilizada. Muitos estudos estão desatualizados e foram realizados em florestas naturais, e, portanto, eles precisam ser adaptados para plantações com fins econômicos. Também é importante mencionar que alguns desses estudos, embora apresentem questões básicas sobre a ecologia de espécies, não apresentam um conhecimento abrangente para aplicação em silvicultura de espécies nativas. Idealmente, novos estudos deveriam ser realizados em todas as espécies selecionadas por uma rede de pesquisa integrada, usando métodos padronizados para todas as principais regiões climáticas.

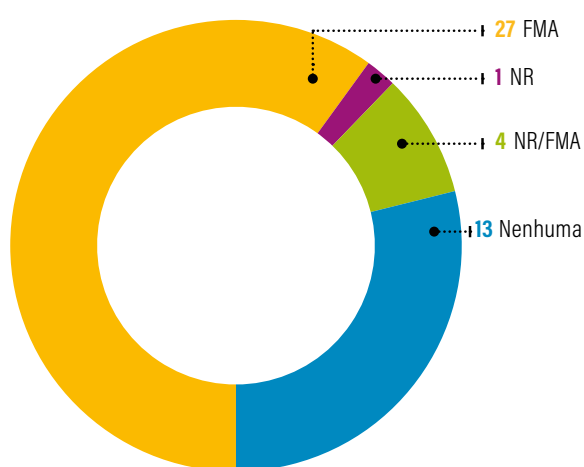


Tabela 4 | Número de Citações de Temas Selecionados Para as 45 Espécies Arbóreas Nativas Pré-selecionadas

ESPÉCIES	TEMAS									
	SEMENTES	MUDAS	PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	MELHORAMENTO GENÉTICO	TECNOLOGIA MADEIREIRA	MANEJO FLORESTAL	ZONEAMENTO TOPOCLIMÁTICO	MODELAGEM FLORESTAL	CITAÇÕES TOTAIS POR ESPÉCIE	NÚMERO DE CITAÇÕES RELATIVO AO NÚMERO TOTAL DE CITAÇÕES
<i>Peltophorum dubium</i>	47	13	24	304	11	57	0	0	456	13,81
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	28	9	6	268	0	37	0	6	354	10,72
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	36	2	0	214	1	33	0	3	289	8,75
<i>Araucaria angustifolia</i>	29	5	54	130	7	30	0	2	257	7,78
<i>Cariniana legalis</i>	7	6	0	206	7	19	0	1	246	7,45
<i>Hymenaea courbaril</i>	41	18	5	4	8	53	0	15	144	4,36
<i>Cordia trichotoma</i>	28	10	25	7	5	29	0	2	106	3,21
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	0	0	7	48	9	27	1	11	103	3,12
<i>Calophyllum brasiliense</i>	37	13	23	0	0	20	0	0	93	2,82
<i>Virola surinamensis</i>	20	3	0	64	0	3	0	2	92	2,79
<i>Cedrela fissilis</i>	0	0	26	0	1	61	0	0	88	2,67
<i>Swietenia macrophylla</i>	0	0	40	0	6	26	0	9	81	2,45
<i>Dalbergia nigra</i>	48	7	16	0	5	5	0	0	81	2,45
<i>Carapa guianensis</i>	40	6	6	0	1	10	0	13	76	2,30
<i>Schizolobium parahyba</i>	0	0	6	22	6	40	0	1	75	2,27
<i>Cordia goeldiana</i>	21	4	0	0	0	29	0	9	63	1,91
<i>Terminalia argentea</i>	22	0	0	27	0	8	0	4	61	1,85
<i>Bertholletia excelsa</i>	22	5	6	0	0	8	0	15	56	1,70
<i>Handroanthus serratifolius</i>	15	2	12	0	5	9	0	10	53	1,60
<i>Astronium graveolens</i>	11	2	0	0	6	30	0	1	50	1,51
<i>Jacaranda copaia</i>	22	5	0	0	0	12	0	9	48	1,45
<i>Plathymenia reticulata</i>	31	3	6	0	0	7	0	1	48	1,45
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0	0	13	0	5	28	0	2	48	1,45
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	12	4	0	3	5	17	0	3	44	1,33
<i>Dipteryx odorata</i>	8	4	0	0	1	14	0	5	32	0,97
<i>Paubrasilia echinata</i>	18	0	0	3	7	2	0	0	30	0,91
<i>Tachigali vulgaris</i>	0	0	0	0	9	4	1	12	26	0,79
<i>Dipteryx alata</i>	0	14	12	0	0	0	0	0	26	0,79
<i>Schefflera morototoni</i>	10	0	0	0	0	6	0	8	24	0,73
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i>	0	0	0	12	0	11	0	0	23	0,70
<i>Lecythis pisonis</i>	13	0	0	0	5	0	0	4	22	0,67
<i>Ceiba pentandra</i>	15	4	0	0	0	0	0	0	19	0,58
<i>Manilkara longifolia</i>	6	0	0	0	5	0	0	7	18	0,54
<i>Simarouba amara</i>	3	3	0	0	0	4	0	4	14	0,42
<i>Bagassa guianensis</i>	0	0	0	0	2	9	0	3	14	0,42
<i>Joannesia princeps</i>	0	0	0	0	5	7	0	0	12	0,36
<i>Vochysia maxima</i>	3	2	0	0	0	0	0	5	10	0,30
<i>Pterigota brasiliensis</i>	0	0	0	0	5	2	0	3	10	0,30
<i>Terminalia mameleuco</i>	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0,15
<i>Parkia gigantocarpa</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,09
<i>Vataireopsis speciosa</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0,06
<i>Myrocarpus frondosus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,03
<i>Enterolobium maximum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Couma utilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Aspidosperma album</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>N</b>	<b>595</b>	<b>144</b>	<b>287</b>	<b>1312</b>	<b>135</b>	<b>658</b>	<b>2</b>	<b>170</b>	<b>3.303</b>	<b>100</b>
<b>N%</b>	<b>18,0</b>	<b>4,4</b>	<b>8,7</b>	<b>39,7</b>	<b>4,1</b>	<b>19,8</b>	<b>0,1</b>	<b>5,2</b>	<b>100</b>	

O número de citações encontradas para simbioses microbianos associados às raízes das 45 espécies nativas pré-selecionadas para silvicultura foi baixo. O levantamento só diferenciou a presença de nodulação por bactérias fixadoras de N (rizóbios), presença de fungos micorrízicos arbusculares, (disponibilidade de P) e associação de fungos micorrízicos (Figura 1 e Anexo D).

Figura 1 | **Simbioses microbianos associados à raiz atuando nas 45 espécies arbóreas nativas pré-selecionadas**



Notas:

FMA = presença de fungos micorrízicos arbusculares;

NR = presença de nodulação por rizóbio;

NR/FMA = apresenta NR e FMA;

Nenhuma = sem NR e sem FMA.

## 4. ESPÉCIES ARBÓREAS SELECIONADAS E PRIORIDADES DE PESQUISA IDENTIFICADAS

### 4.1 Espécies Arbóreas Prioritárias

Usando os critérios descritos nas Tabelas 1 e 3, os participantes do workshop estabeleceram uma lista prioritária de espécies nativas adequadas para a silvicultura. As espécies classificadas como classe 3 (Anexo B) foram removidas da lista de prioridades, independentemente de sua pontuação na Tabela 3.

Foram escolhidas 30 espécies prioritárias, 15 para o bioma Amazônia e 15 para o bioma Mata Atlântica (Tabela 5). Como mencionado, durante o workshop, os grupos poderiam incluir novas espécies. Depois das discussões, três espécies não incluídas na pré-lista de 45 espécies foram adicionadas à lista final: *Genipa americana*, *Dinizia excelsa* e *Copaifera multijuga*, todas por fornecer madeira de boa qualidade, crescer bem e ser objeto de pesquisas em andamento.

Algumas espécies encontradas no bioma Mata Atlântica também ocorrem na Amazônia e vice-versa. Dezesesseis das trinta espécies arbóreas também ocorrem no bioma Cerrado, permitindo extrapolar e aplicar alguns dos resultados do estudo ao Cerrado.

Tabela 5 | **30 Espécies Arbóreas Nativas Prioritárias Seleccionadas Como Adequadas Para Silvicultura no Bioma Mata Atlântica e no Bioma Amazônia, Brasil.**

CLASSE	NOME CIENTÍFICO*	NOME COMUM	FAMÍLIA	BIOMA DE OCORRÊNCIA		
				AMAZÔNIA	MATA ATLÂNTICA	CERRADO
<b>ESPÉCIES PRIORITÁRIAS DA MATA ATLÂNTICA</b>						
1A	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	araucaria	Araucariaceae		X	
1A	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	guaritá	Anacardiaceae	X	X	X
1A	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	Rutaceae		X	X
1A	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	Calophyllaceae	X	X	X
1A	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	Lecythidaceae		X	
1A	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	Boraginaceae	X	X	X
1A	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-bahia	Fabaceae		X	
1A	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	Fabaceae	X	X	X
1A	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	Fabaceae		X	X
1A	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático	Fabaceae		X	X
1B	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo	Bignoniaceae	X	X	X
1B	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-do-sertão	Anacardiaceae		X	X
1B	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) E. Gagnon, H.C. Lima and G.P. Lewis	pau-brasil	Fabaceae		X	
1B	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo	Bignoniaceae		X	X
*	<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	Rubiaceae	X	X	X
<b>ESPÉCIES PRIORITÁRIAS DA AMAZÔNIA</b>						
1A	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	tatajuba	Moraceae	X		X
1A	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	castanha-da-Amazônia	Lecythidaceae	X		
1A	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	andiroba	Meliaceae	X		
1A	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	freijó-cinza	Boraginaceae	X		
1A	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	parapará	Bignoniaceae	X		
1A	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	morototó	Araliaceae	X	X	X
1A	<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	paricá	Fabaceae	X		
1A	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	marupá	Simaroubaceae	X	X	X
1A	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	ucuúba	Myristicaceae	X		
1A	<i>Vochysia maxima</i> Ducke	quaruba-verdadeira	Vochysiaceae	X		
1B	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	cumarú	Fabaceae	X		
1B	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo	Bignoniaceae	X	X	X
2	<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno	Meliaceae	X		
*	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	copaíba	Fabaceae	X		
*	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	angelim-vermelho	Fabaceae	X		

\*Organizados em ordem alfabética, dentro da classe indicada no Anexo B; \* Espécies incluídas durante o workshop, após discussão com base no conhecimento de especialistas e lacunas de pesquisa.

Trinta espécies pode parecer, em princípio, um número alto para iniciar um programa de P&D pré-competitivo, mas foi justificado pelos especialistas do workshop pelos seguintes motivos:

- A silvicultura de espécies nativas é projetada para contribuir com os objetivos das convenções sobre mudanças climáticas e biodiversidade. Esses objetivos exigem que muitas espécies sejam plantadas juntas, ou seja, em mistura de espécies ou em consócio agroflorestal. O plantio de espécies nativas difere das espécies exóticas a esse respeito.
- Outro motivo para usar uma gama diversificada de espécies arbóreas nativas é restaurar a área de Reserva Legal (ARL) de propriedades rurais, respeitando o Código Florestal, com aproveitamento econômico.
- Plantar uma mistura de espécies requer uma seleção cuidadosa. Algumas espécies têm melhor desempenho com espécies específicas e não com outras. Por exemplo, espécies fixadoras de nitrogênio aumentam o crescimento de espécies não fixadoras de nitrogênio, e algumas podem ser heliófitas. Para oferecer a escolha necessária de combinações de espécies adequadas a diferentes ecossistemas e condições edafoclimáticas, a lista de espécies não pode ser muito restrita.
- O mercado madeireiro é diverso e, para que espécies nativas possam competir com florestas naturais e ajudar a diminuir o desmatamento na Amazônia, elas devem oferecer uma diversidade de madeira com cores e texturas diferentes, sendo plantadas para diferentes fins e produtos.
- Algumas espécies, como *Araucaria angustifolia* (araucária), *Virola surinamensis* (ucuúba) e *Paubrasilia echinata* (pau-brasil), têm ocorrências limitadas e não devem ser plantadas indiscriminadamente dentro de seus respectivos biomas de ocorrência natural. Portanto, dada a alta riqueza de espécies no Brasil e as diferenças florísticas entre as regiões dos biomas, nem todas as espécies selecionadas serão usadas em cada região e cada espécie deverá ser cuidadosamente analisada em sua área natural de ocorrência

Com base nos resultados deste estudo, a análise de custo-benefício da Plataforma de P&D foi realizada para 7, 10 e 15 espécies por bioma, indicadas de acordo com a ordem de prioridade de cada bioma, e considerou a possibilidade de recursos financeiros insuficientes para atender a todas as prioridades de pesquisa e espécies do bioma. O grupo principal de pesquisadores

estipulou sete espécies como o número mínimo para aumentar a silvicultura de espécies nativas em escala.

Algumas outras observações importantes sobre a lista de espécies devem ser destacadas:

- Diferentes espécies ocorrem nos três biomas - Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica - e, em alguns casos, podem ocorrer nas zonas de transição entre os biomas. Portanto, é importante não generalizar as recomendações de espécies para todo o bioma ou para qualquer região ou estado do bioma.
- As espécies variam amplamente em suas taxas de crescimento, devido às suas características ecológicas intrínsecas e sua interação com as condições do solo e do clima. As espécies de crescimento mais rápido podem ser definidas como “carros-chefe”, enquanto as espécies de crescimento mais lento devem ser integradas ao manejo silvicultural em menor densidade, para serem colhidas no médio e longo prazos.
- Espécies que podem apresentar problemas fitossanitários, como *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Carapa guianensis* (andiroba), não devem ser plantadas em alta densidade e em larga escala, mas podem ser incluídas em baixa densidade em plantações mistas.

Segundo a Secretaria de Comércio Exterior do Brasil, a maioria das espécies listadas é de interesse de exportação. Alguns exemplos são *Carapa guianensis* (andiroba), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim), *Cordia trichotoma* (louro-pardo), *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Paubrasilia echinata* (pau-brasil). Estão ainda incluídas a maioria das espécies com taxa de crescimento média a alta, que apresentam boa a excelente qualidade da madeira, como *Plathymenia reticulata* (vinhático), *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa), *Swietenia macrophylla* (mogno), *Virola surinamensis* (ucuúba), *Bagassa guianensis* (tatajuba) e *Jacaranda copaia* (parapará). Existem pesquisas em andamento ou boas experiências práticas para a maioria dessas espécies, o que significa que elas têm práticas florestais relativamente conhecidas.

## 4.2 Necessidades e Prioridades de Pesquisa

Oito temas de pesquisas foram identificados como prioritários para alavancar uma plataforma de P&D em silvicultura de espécies arbóreas nativas no Brasil: sementes e mudas, propagação vegetativa, melhoramento genético, tecnologia madeireira, manejo e modelagem florestal (incluindo nutrição, fitossanidade, ecofisiologia, modelos de plantio, desbaste,

Tabela 6 | Tema prioritário para uma plataforma de P&D e as principais lacunas de pesquisa

TEMA PRIORITÁRIO	PRINCIPAIS LACUNAS DE PESQUISA EM P&D
Sementes e mudas	Manuseio, secagem e armazenamento de sementes e estudos sobre longevidade natural; Produção durante o período de viveiro e tipos de recipientes de mudas.
Propagação vegetativa	Situação preocupante; sem dados mínimos para iniciar um sistema de produção através da reprodução assexuada
Melhoramento genético	Informações limitadas a algumas localidades; escassez de dados sobre tamanho efetivo da população
Tecnologia madeireira	Item pouco estudado para todas as espécies em plantio florestal
Manejo Florestal	Rotação, intensidade de desbaste, poda, ecofisiologia, nutrição, fitossanidade, modelos de plantio, modelos de crescimento, efeitos da competição e facilitação entre espécies consorciadas
Zoneamento topo climático	Lacuna completa de conhecimento
Mercado para produtos madeireiros	Mercado desconhecido para espécies de plantação (diâmetro pequeno)
Política e legislação florestal	Falta de uma política florestal independente e representativa

interações micorrízicas arbusculares), zoneamento topoclimático, mercado de produtos madeireiros e política e legislação florestal. As principais lacunas de conhecimento em cada tema estão na Tabela 6.

### 4.3 Lacunas na Política e Legislação Florestal

O tema de políticas públicas e legislação foi discutido durante o workshop em apenas um grupo. Os seguintes pontos foram destacados.

- As florestas oferecem uma ampla variedade de serviços e produtos (de produtos madeireiros a cosméticos e alimentos), além de ingredientes ativos para tratamento de doenças, valores culturais e históricos, biodiversidade e múltiplos serviços ecossistêmicos, incluindo conservação do solo e sequestro de carbono. No entanto, a silvicultura ainda é classificada como atividade poluidora pela legislação brasileira (Lei nº 6.938/1981)<sup>1</sup>.
- A análise do sistema jurídico ambiental mostra que não há impedimento legal ao estabelecimento de florestas para fins econômicos ou ambientais, para espécies nativas ou exóticas. Todavia, existem grandes barreiras nos complexos procedimentos administrativos, que geram confusão em relação à lei. Não há clareza legal sobre quem é responsável

pela supervisão do manejo de florestas plantadas no Brasil, uma vez que existe uma lacuna institucional desde a eliminação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), em 1989.

- O estabelecimento de florestas para fins econômicos é amparado por duas disposições legais: a Lei 12.651/2012<sup>2</sup>, que trata da conservação obrigatória nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) e manejo de remanescentes florestais nas Áreas de Reservas Legais (ARLs); e a Política Agrícola de Florestas Plantadas (Decreto nº 8.375/2014)<sup>3</sup>, que regulamenta a produção silvicultural. Regras especiais se aplicam à restauração de APPs (que em propriedades de até quatro módulos fiscais<sup>4</sup> também podem ser utilizadas para fins econômicos) e Reservas Legais (que em todas as propriedades também podem ser utilizadas para fins econômicos, além de servir a funções ambientais). No entanto, as regras são incompletas em nível federal e regulamentadas apenas por alguns estados, como São Paulo. No caso de reflorestamento com espécies nativas em áreas de uso alternativo ou áreas não protegidas por lei (ou seja, áreas fora da APP, ARL e outras áreas restritas), existem procedimentos burocráticos e registros não digitais, e alguns regulamentos ainda em fase de elaboração.

---

As políticas públicas e a legislação florestal devem reconhecer que as florestas são multifuncionais e que a silvicultura de espécies nativas (especialmente em Reservas Legais), sob a Nova Lei Florestal (Lei nº 12.651/2012), representa uma oportunidade econômica e um meio de aumentar a resiliência das terras rurais. As seguintes abordagens devem ser seguidas:

- Definir metas, marcos legais, instrumentos e órgãos responsáveis pelo setor florestal.
- Propor a criação de uma estrutura governamental para abordar a política florestal e os instrumentos para um gerenciamento descentralizado, como por exemplo já implantado para recursos hídricos.
- Focar no mercado (produtos e fluxos necessários), e não na produção.
- Trabalhar com toda a cadeia produtiva para mitigar os riscos da atividade florestal e fornecer benefícios adicionais.
- Organizar hubs ou clusters (arranjos de produção local) que possam ter estruturas de governança diferentes das usuais, lideradas por uma grande empresa.

## 5. DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS DE INVESTIMENTO

### 5.1 Metas de Investimento e Horizontes Temporais

Para maximizar a eficiência dos investimentos em uma Plataforma de P&D pré-competitiva, os temas relacionados foram agrupados como: sementes e mudas, propagação vegetativa, melhoramento genético, tecnologia madeireira, manejo e modelagem florestal (incluindo nutrição, fitossanidade, ecofisiologia, modelos de plantio, desbaste, interações micorrízicas arbusculares), zoneamento topoclimático, mercado de produtos madeireiros e política e legislação florestal. Os principais objetivos da pesquisa para cada um desses temas e o prazo estimado para alcançá-los são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 | **Objetivos e Prazo Estimado Para os Temas de Pesquisa Selecionados para Inclusão em uma Plataforma de P&D Pré-competitiva**

TEMA PRIORITÁRIO	PRAZO ESTIMADO	OBJETIVOS PRINCIPAIS
<b>Sementes e mudas</b>	Curto prazo (1 a 5 anos)	Encontrar áreas existentes já plantadas com espécies selecionadas; identificar porta-sementes ("árvores-matrizes") estabelecer condições e métodos alternativos para análise rápida da qualidade das sementes; iniciar estudos sobre fenologia e biologia reprodutiva para cada uma das 30 espécies prioritárias.
	Médio a longo prazo (10 a 20 anos)	Desenvolver métodos de armazenamento para espécies recalcitrantes (não ortodoxas) e com baixa viabilidade natural; desenvolver equipamentos de processamento de sementes; adaptar laboratórios de análise de sementes para atender às demandas da legalização; estabelecer padrões de qualidade em análise de sementes
<b>Propagação vegetativa</b>	Curto a médio prazo (1 a 10 anos)	Obter seleção de indivíduos superiores quanto à forma do tronco, incremento médio e resistência a insetos e doenças, mantendo uma base de diversidade genética
<b>Melhoramento genético</b>	Curto prazo (1 a 5 anos)	Avaliação e seleção nos atuais ensaios e conservação ex situ das populações base e testes de progênes e/ou procedências; produção imediata de sementes melhoradas a partir da seleção em áreas de coleta de sementes, áreas de produção de sementes, testes de procedências, testes de progênes e pomares clonais e a conservação das populações base para uso futuro da variabilidade do programa.
	Médio prazo (5 a 10 anos)	Produção contínua de sementes de alta qualidade genética e fisiológica para os programas de silvicultura e a conservação da variabilidade genética das espécies utilizadas no programa para garantir a continuidade do melhoramento; utilização de seleção recorrente recíproca em testes de progênes e conservação ex situ das populações base, as quais permitirão aumentar a produtividade e qualidade dos produtos extraídos de áreas de produção, ao mesmo tempo que as populações base mantêm a variabilidade para utilização contínua.
	Longo prazo (20 anos)	Estudos sobre a herança de caracteres da madeira, estudos das associações de caracteres quantitativos com locos marcadores (QTLs), estudos genômicos, estudos sobre o estabelecimento de florescimento precoce e cruzamentos controlados e o uso de marcadores genéticos com auxílio para a seleção; desenvolvimento de marcadores genéticos como microsátélites e SNPs, marcadores de cloroplasto (cpDNA) e mitocondria (mtDNA).
<b>Tecnologia madeireira</b>	Curto prazo (1 a 3 anos)	Colher amostras de madeira de 30 espécies nativas de plantações existentes com mais de 20 anos de plantio, para a caracterização tecnológica.
	Médio a longo prazo (10 a 20 anos)	Monitorar as propriedades da madeira por espécie, em todos os testes de manejo implementados pela Plataforma de P&D, considerando diferentes arranjos e combinações de espécies, diferentes intensidades de desbaste e poda e diferentes materiais genéticos.
<b>Manejo florestal</b>	Curto prazo (1 a 5 anos)	Analisar curvas de crescimento de árvores em experimentos já implantados, com mais de 20 anos
	Médio prazo (5 a 10 anos)	Delinear e implementar novas áreas experimentais, com material genético conhecido e técnicas de manejo padronizadas, em diferentes regiões de cada bioma.
	Longo Prazo (20 anos)	Repetir as metas de médio prazo, com material genético aprimorado, pela seleção precoce (5 anos).
<b>Zoneamento topoclimático</b>	Curto prazo (1 a 5 anos)	Realizar o zoneamento topo-climático para 30 espécies florestais que ocorrem na Mata Atlântica e na Amazônia.
<b>Mercado para produtos **</b>	Curto prazo (1 a 5 anos)	Analisar o mercado potencial de madeira com pequenos diâmetros (DAP* menor que 30 cm).
<b>Política e legislação florestal</b>	Curto a médio prazo (1 a 10 anos)	Analisar e disseminar conceitos e terminologias científicas relacionados ao reflorestamento em propriedades rurais; revisar a incompatibilidade entre a Política de Mudanças Climáticas e a Lei nº. 6.938 / 1981; regular a restauração de áreas de preservação permanente e reservas legais, incluindo o uso de espécies madeireiras; definir e propor uma única instituição responsável para promover o desenvolvimento florestal; propor uma Política Nacional de Florestas, independente da Política Agropecuária.

\*DAP = diâmetro à altura do peito. A altura do peito é o ponto de medição do diâmetro na altura de 1,30 metros do tronco.

## 5.2 Quatro Cenários de Investimento

Quatro cenários de investimentos foram desenvolvidos para este estudo com o objetivo de ilustrar caminhos alternativos para estabelecer uma Plataforma de P&D. As variáveis de cenário foram o número de espécies (14, 20 ou 30), área experimental e o horizonte temporal de investimento (10 ou 20 anos). Um resumo dos custos para os quatro cenários é apresentado na Tabela 8. Os investimentos necessários representam menos de 0,05% dos investimentos brasileiros em P&D (MCT, 2019).

O cenário I foi considerado o melhor cenário para apoiar uma nova economia florestal baseada em espécies nativas. Uma análise mais detalhada dos custos de investimentos associados ao Cenário I (30 espécies e 20 anos) é fornecida no Anexo E. O Anexo E não inclui os custos estimados para a política e legislação florestal; esses custos são mostrados na Tabela 8. Os custos do tema política e legislação florestal serão gerados em reuniões periódicas em um período máximo de dois anos e devem ser estimados de acordo com o número de participantes. Para seis reuniões de dois dias cada, com a participação de 10 pessoas, foi estimado um custo de BRL 153.000 em viagens, acomodações e refeições.

O cenário I, com 30 espécies e um prazo de 20 anos, precisa de um investimento de BRL 28,1 milhões (~USD 7,30 milhões, taxa de câmbio em 7 de março de 2019). No entanto, ao reduzir o prazo para 10 anos (Cenário II), o investimento cai para BRL 21,02 milhões (USD 5,46 milhões), ou 75% do Cenário I. Ressalta-se que o Cenário II é idêntico ao Cenário I, mas sem os recursos para continuidade da plataforma entre os anos 10 a 20. Ou seja, a plataforma de P&D precisaria captar mais recursos a partir do ano 10.

O cenário III (10 anos, 20 espécies, 333 ha) reduz a área experimental em relação ao cenário II e requer um investimento de BRL 17,33 milhões (USD 4,50 milhões), ou 82% do cenário II, ou seja, reduzir a área de pesquisa não traz grande economia à plataforma de P&D. Não obstante, a análise de custo-benefício mostra ainda que o cenário III não é necessariamente preferível porque o investimento médio por espécie é maior do que no cenário II.

O cenário IV (10 anos, 14 espécies, 500 ha) mantém a mesma área do Cenário II, mas reduz o número de espécies e também requer o maior investimento médio por espécie e, portanto, apresenta o menor custo-benefício.

Tabela 8 | Investimento necessário para estabelecer uma plataforma de P&D pré-competitiva em quatro cenários

CENÁRIO	CUSTO (BRL 1.000,00)			
	I	II	III	IV
Horizonte (anos)	20	10	10	10
Número de espécies	30	30	20	14
Escala (hectares)	500	500	333	500
<b>Tema</b>				
Tecnologia de sementes e mudas	3.734	3.206	2.720	2.227
Melhoramento genético	11.893	8.365	5.800	4.230
Tecnologia madeireira	2.652	2.124	1.764	1.445
Zoneamento topoclimático	260	260	260	260
Manejo Florestal	8.252	5.724	5.444	5.075
Propagação vegetativa	941	941	941	941
Mercado para produtos madeireiros	250	250	250	250
Política e legislação	153	153	153	153
<b>TOTAL BRL (1.000,00)</b>	<b>28.135</b>	<b>21.023</b>	<b>17.332</b>	<b>14.581</b>
<b>Custo médio por espécie (BRL 1.000,00)</b>	<b>938</b>	<b>701</b>	<b>867</b>	<b>1.041</b>





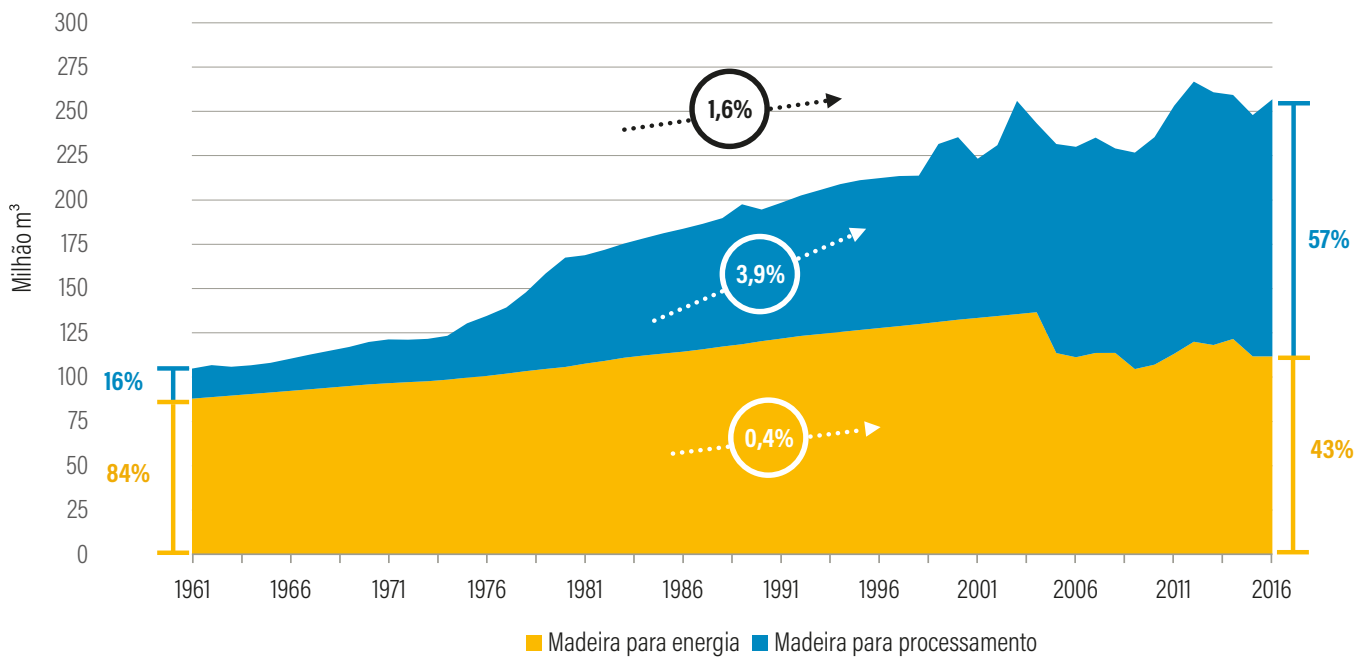
## 5.4 Mercados brasileiros e globais de madeira

Atualmente, os investimentos institucionais no reflorestamento (eucalipto e pinus) representam uma indústria de USD 100 bilhões somente nos Estados Unidos (New Forests, 2015). No Brasil, o investimento é estimado em USD 35 bilhões e o volume médio de produção de madeira em tora, de 1961 a 2016 (Figura 3), aumentou 140%, de 100 milhões de m<sup>3</sup> para 250 milhões de m<sup>3</sup>. Nos últimos anos, a produção de madeira no Brasil migrou da madeira utilizada como fonte de energia para a produção industrial de madeira. Como resultado, a fonte de madeira mudou, até certo ponto, das florestas naturais para as florestas plantadas. Muitos fatores podem explicar essa mudança, mas talvez o mais importante seja o aumento da competitividade das florestas plantadas, principalmente devido à pesquisa e desenvolvimento e incentivos fiscais.

Apesar do tamanho da indústria de plantações florestais, o investimento em espécies arbóreas nativas é próximo de zero. De acordo com a FAOstat (2017), dos 3,9 bilhões de hectares de florestas que cobrem quase um terço da área terrestre do mundo, apenas 264 Mha são florestas plantadas. Para atender à crescente demanda por madeira, talvez sejam necessários mais 100 Mha de plantações florestais até 2050 para produzir 2 bilhões de m<sup>3</sup> de madeira em tora por ano, em comparação com a produção atual de 1,5 bilhão de m<sup>3</sup> por ano.

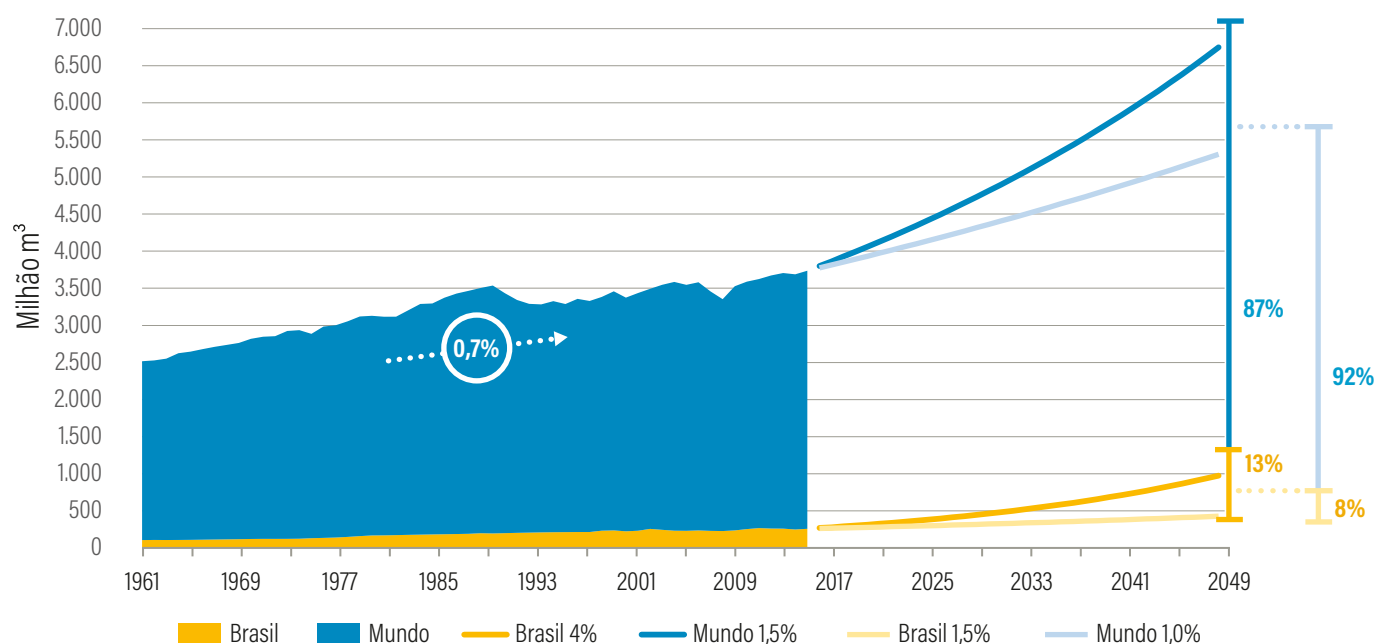
Esses números são baseados em negócios habituais do mercado (business as usual), o que pressupõe um aumento de 1,5% ao ano na demanda por madeira. Esse nível de crescimento levaria a uma demanda de quase 7 bilhões de m<sup>3</sup> de madeira por ano em 2050 (WBCSD, 2015) (Figura 4).

Figura 3 | Produção e usos de madeira no Brasil, 1961-2016



Nota: Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR – sigla em inglês). A Taxa de Crescimento Anual Composta geral foi de 1,6% ao ano nos últimos 55 anos.  
Fonte: FAOstat (2017) e IBGE (2017); elaborado pelos autores.

Figura 4 | Crescimento passado e projetado da demanda por madeira



Nota: Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR - sigla em inglês).

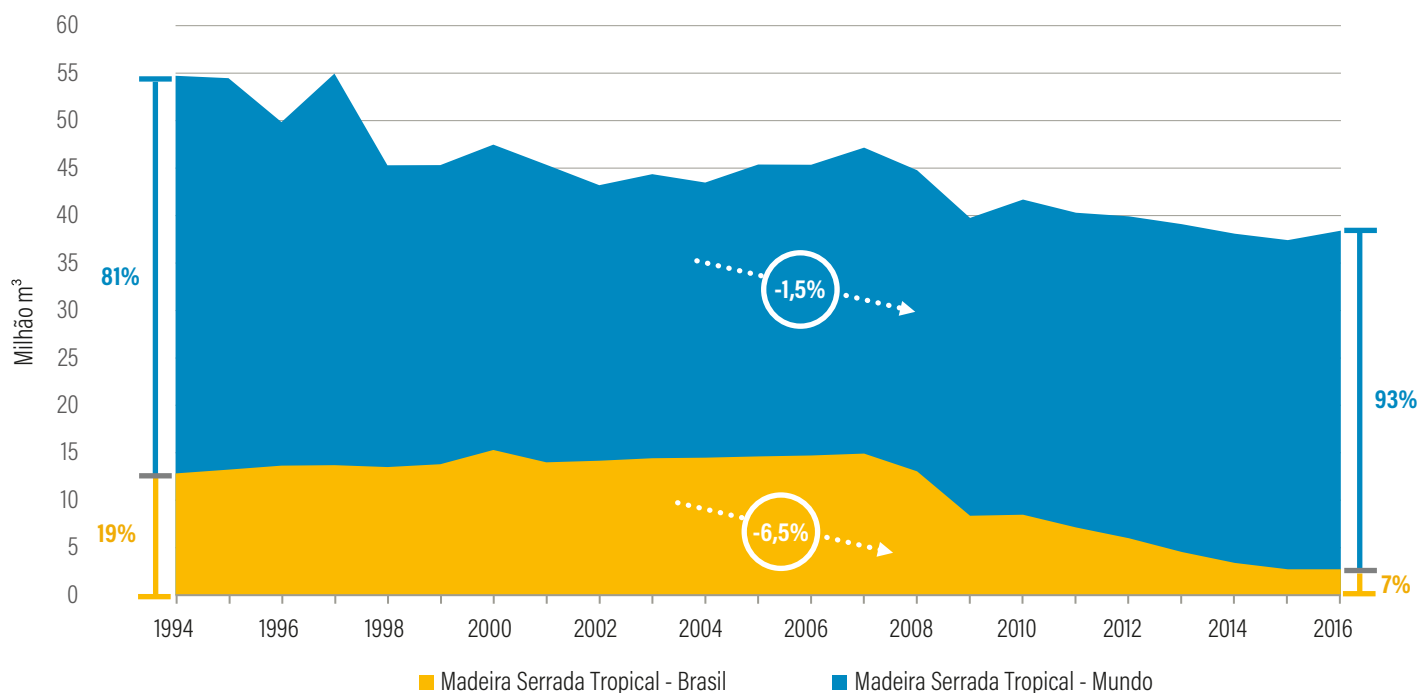
Fontes: Dados históricos do FAOstat e ITTO, modificados pelos autores. Projeções baseadas em cenários do WWF Forest Living Report (2014), New Forests (2015), WBCSD (2015) e FSC e Indufor (2012); elaborado pelos autores.

Em um cenário de economia de baixo carbono (Taxa de Crescimento Anual Composta - CAGR [sigla em inglês] = 4%), o Brasil poderá produzir 1 bilhão de m<sup>3</sup> de madeira por ano até 2050 e fornecer 13% da madeira do mundo. Considerando-se os números atuais, o Brasil (CAGR = 1,5%) produziria perto de 500 milhões de m<sup>3</sup> por ano até 2050 e forneceria 8% da madeira do mundo, em comparação com 250 milhões de m<sup>3</sup> por ano até o momento.

Há uma grande incerteza quanto à demanda de espécies arbóreas tropicais devido ao corte e venda ilegais de madeira. Estima-se que 50% da madeira tropical comercializada no mundo seja extraída ilegalmente; no caso da madeira da Amazônia brasileira, a proporção pode chegar a 70% (BVRio, 2016).

Outro fator de incerteza é a economia global. A produção de madeira serrada da Amazônia brasileira caiu 300% nos últimos 22 anos (Figura 5). Globalmente, a redução na produção de madeira serrada tropical foi de 39% no mesmo período. A participação brasileira na produção global caiu de 19% para 7%. Desde o início da crise financeira de 2008, a produção de madeira diminuiu drasticamente. A tendência geral, portanto, é de um declínio no fornecimento de madeira tropical nos últimos 20 anos.

Figura 5 | Produção de madeira serrada tropical no Brasil e no mundo, 1994-2016



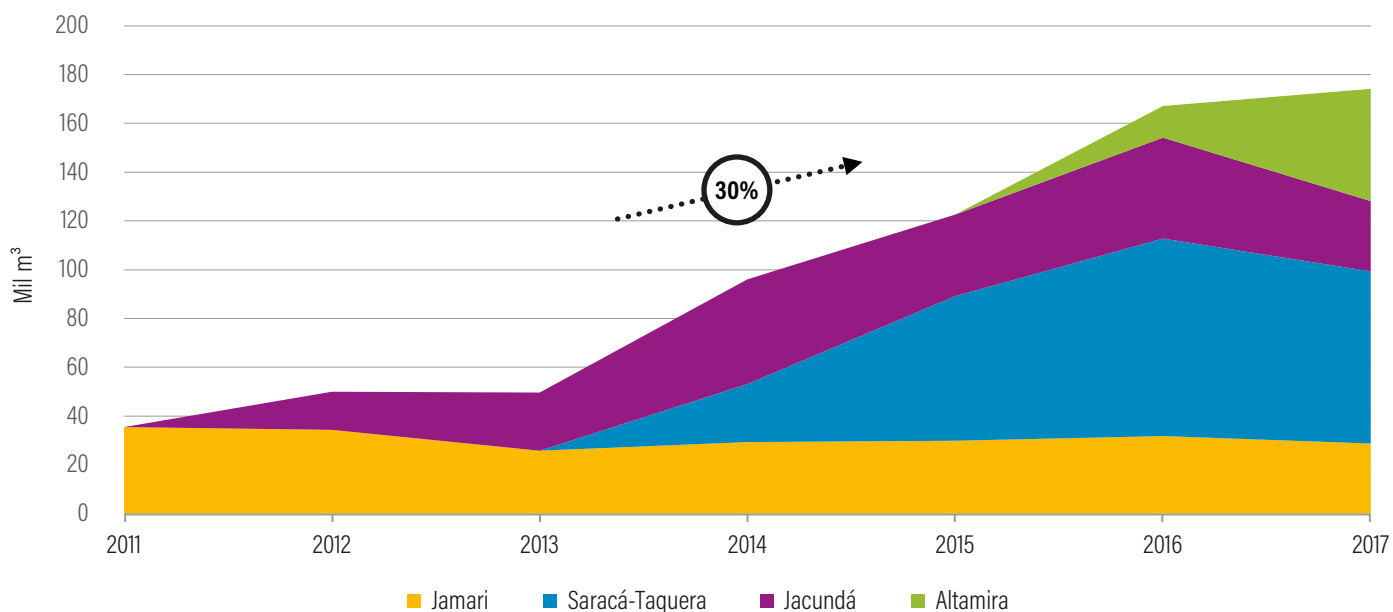
Fonte: ITTO; IBGE PEVS, Secex AliceWeb. Taxas em ARC. Elaboração dos autores.

Apesar de possuir a maior floresta tropical do mundo, o Brasil corresponde a menos de 10% da produção de madeira tropical. Os motivos dessa participação desproporcional incluem:

- Procedimentos complexos e falta de diligência para determinar a legalidade da madeira.
- Baixa eficiência no processo de manufatura, com taxas de conversão típicas de 20%.
- Concorrência de madeira ilegal de baixo custo.
- Substituição da madeira por outros produtos.

Dado o padrão histórico da produção de madeira e as tendências futuras, é justo prever que o manejo sustentável de florestas naturais e a silvicultura de espécies madeireiras tropicais nativas atenderão à demanda por madeira serrada tropical. Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2018), a produção atual de madeira em tora é de 174.000 m<sup>3</sup> em quatro concessões de florestas naturais na Amazônia (Figura 6).

Figura 6 | Produção de madeira em tora em concessões florestais no Brasil, 2011-2017



Nota: A Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR - sigla em inglês) da produção nas concessões foi de 30%, passando de 35.000 m³ para 174.000 m³ entre 2011 e 2017. Fonte: adaptado do SFB 2018.

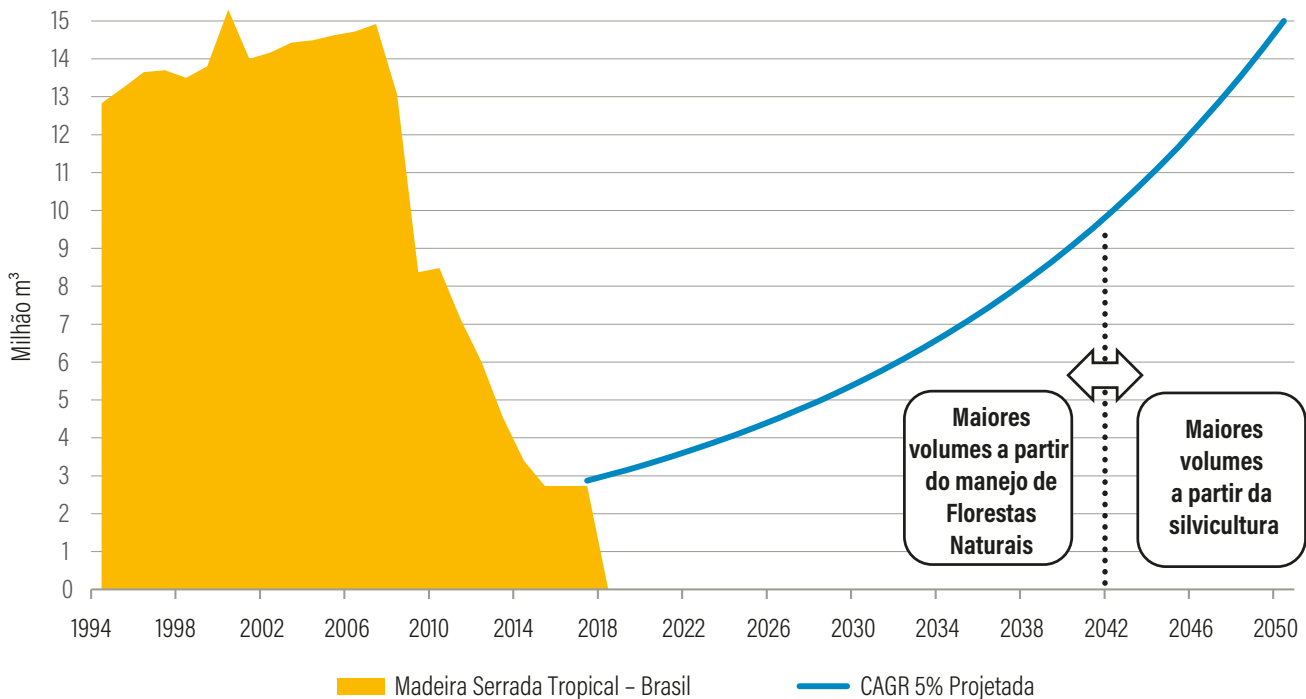
No entanto, a produção de madeira serrada dessas concessões foi, em média, de apenas 61.000 m³ por ano no período, resultante de uma taxa de conversão de 35% (taxa estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama 474/2016)<sup>5</sup>. Isso representa 2,2% da produção total de madeira serrada no Brasil. A produção de madeira serrada tropical a partir da silvicultura de espécies nativas tropicais é praticamente zero até o momento.

Essa breve revisão ilustra o enorme desafio enfrentado pelas florestas naturais tropicais e destaca a oportunidade de produzir madeira a partir de espécies arbóreas nativas em sistemas silviculturais e em concessões florestais. Não obstante, para desenvolver uma nova economia de florestas tropicais, é necessário combater o comércio ilegal de madeira

porque é impossível competir em um mercado tão distorcido pela sonegação de impostos, mão-de-obra barata, práticas insustentáveis de colheita e preços de madeira definidos por madeireiros ilegais que representam 70% do mercado (BVRio, 2016). A sociedade civil, o setor privado e a academia estão atualmente envolvidos em diversas atividades para eliminar o comércio ilegal de madeira por meio da Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura.

Se a tendência de produção atingir o patamar histórico, é possível que a demanda por madeira serrada aumente a uma taxa média anual de crescimento de 5,1% até 2050. Podemos esperar que uma parcela crescente da produção seja fornecida por novas concessões e plantações florestais (Figura 7).

Figura 7 | Tendências passadas e projetadas para a produção brasileira de madeira serrada, 1994-2050



Nota: Nesse cenário, com uma taxa de conversão de madeira em madeira serrada de 35%, a produção de madeira em tora poderá atingir 43 milhões de m³ por ano até 2050  
 Fonte: elaborado pelos autores e IBGE, 2018

Devido aos longos ciclos de corte necessários para a produção de madeira de alta qualidade, grande parte do volume de madeira será fornecido após 25 anos, quando as árvores atingirem ao menos 30 cm de diâmetro. A taxa de conversão de madeira em tora para madeira serrada é de aproximadamente 35%, baseado na produção atual de 14 milhões de m³ de madeira em tora e 5 milhões de m³ de madeira serrada. Levando em consideração a experiência anterior do projeto VERENA (Batista et al., 2017) e as curvas de rendimento descritas por Rolim & Piotto (2018), a silvicultura de espécies madeireiras nativas pode produzir um incremento médio anual de 10 m³/ha/ano de madeira em tora, em ciclos de rotação de 25 a 30 anos. Este nível de produção exigiria aproximadamente 1,4 Mha de silvicultura de espécies nativas.

Essa escala de produção é altamente sensível às premissas do cenário: taxa de conversão de madeira em tora para madeira serrada; produtividade; divisão da produção de madeira entre floresta natural e silvicultura; taxa de substituição de produtos madeireiros; e nível de incentivos para avançar em direção a uma economia de baixo carbono.

Ainda assim, esse cenário pode ser visto como uma linha de base que depende do desenvolvimento futuro de concessões florestais e do manejo

de florestas naturais no Brasil. Em resumo, a silvicultura de espécies nativas para produção de madeira pode contribuir com pelo menos 10% da meta de reflorestamento da CND brasileira sem distorcer o mercado global de madeira tropical.

## 5.5 Estimativa dos Benefícios do Investimento em uma Plataforma de P&D

Esta seção examina a viabilidade econômica de uma Plataforma de P&D pré-competitiva, com base nas áreas temáticas propostas no estudo. Os resultados esperados com a linha de base são comparados com aqueles esperados dado o benefício de um investimento numa plataforma P&D, com foco nas taxas internas de retorno.

### 5.5.1 Retornos: comparação da linha de base com os cenários melhorados da Plataforma de P&D

As estimativas a seguir baseiam-se na experiência da Symbiosis Investimentos, uma empresa que já plantou mais de 560 ha no sul da Bahia - combinando 22 espécies madeireiras de alto valor, quase comercialmente extintas, no bioma Mata Atlântica, e nos rendimentos e modelos de crescimento propostos por Rolim & Piotto (2018). O cenário e os retornos de linha de base foram avaliados usando um modelo de fluxo de caixa descontado proposto por Batista et al. (2017) (Tabela 9).

Tabela 9 | Premissas do Modelo e Cenários com Base nos Resultados Esperados da Plataforma de P&D

PREMISSAS					CENÁRIO COM P&D					
	PREMISSA	UNIDADE	MIX ESP. NATIVA	MIX EXÓTICA & NATIVA						
1	Rotação	Anos	30	30						
2	Capex	USD / ha	9.440,00	9.440,00	Redução de custos	20%				7.552,00
		BRL / ha	36.340,00	36.340,00						29.072,00
3	Arrendamento de terras	USD / ha	78,00	78,00	Aumento de produtividade	% CAGR – sigla em inglês	I	II	III	IV
		BRL / ha / year	300,00	300,00			0,50	1,00	1,50	2,00
4	SG&A	USD / ha	91,00	91,00	Período em anos	Ganho de período%				
		BRL / ha	350,00	350,00						
5	Imposto de Renda	%	34,00	34,00	Cenário Provável					
6	Custo de capital	%	9,00	9,00	Aumento na Taxa de Conversão	%				40
7	Custos de colheita e transporte até a serraria	USD / m <sup>3</sup>	12,00	12,00						50
		BRL / m <sup>3</sup>	46,00	46,00						
8	Custos de conversão de tora para serrado	USD / m <sup>3</sup>	39,00	39,00	1	Ciclo baseado nas curvas de crescimento de Rolim e Piotto (2018)				
		BRL / m <sup>3</sup>	150,00	150,00	2	Despesas de capital (CAPEX)				
9	Custos de frete e alfândega	USD / m <sup>3</sup> / km	0,04	0,04	3	Com base nos custos de oportunidade para o uso da terra para pecuária, frequentemente convertida em florestas.				
		BRL / m <sup>3</sup> / km	0,14	0,14	4	Com base em uma equipe de administração corporativa do projeto VERENA.				
10	Distância do frete	Mata Atlântica	300	300	5	Imposto sobre lucro, em regime de lucro real para empresas. Presume-se que os produtos sejam exportados com isenção de PIS, COFINS e ICMS.				
		Amazônia	2.000	2.000	6	Custo de capital baseado nos modelos CAPM e WACC. Referências: <a href="http://www.wri.org/publication/verenainvestment-tool">www.wri.org/publication/verenainvestment-tool</a>				
11	IMA*	m <sup>3</sup> / ha / ano	9,6	18,5	7	Com base no sistema de colheita semimecanizado (motosserra + forwarder), a partir de duas experiências do projeto VERENA.				
12	Produção madeira em tora	m <sup>3</sup> no ano 13	40,30	81,60	8	Com base em duas experiências do projeto VERENA, os custos são muito sensíveis à escala da serraria.				
		m <sup>3</sup> no ano 18		226,80	9	Distância média de expedição de 300 km até o porto para áreas da Mata Atlântica e de 2.000 km para projetos na Amazônia. O custo / km / m <sup>3</sup> de expedição incluindo tarifas alfandegárias foi de BRL 0,14, com base em dois casos do projeto VERENA.				
		m <sup>3</sup> no ano 30	247,70	245,50	10					
13	Taxas de conversão madeira em tora para madeira serrada	% no desbaste	20,00	20,00	11	Com base nas curvas de crescimento de Rolim e Piotto (2018) e no modelo da Symbiosis Investimentos.				
		% no corte final	40,00	40,00	12	Com base nas taxas de conversão relatadas por Rolim e Piotto (2018).				
14	Preço de Madeira Nativa FOB**	USD / m <sup>3</sup>	780,00	780,00	13	Com base no preço histórico da madeira serrada de jatobá, CEPEA (2018).				
		BRL / m <sup>3</sup>	3.000,00	3.000,00	14	Com base no preço histórico da madeira serrada de eucalipto, taxas do CEPEA (2018).				
15	Preço de Madeira Exótica FOB	USD / m <sup>3</sup>		415,00	15	Com base no preço histórico da madeira processada de eucalipto, CEPEA (2018).				
		BRL / m <sup>3</sup>		1.600,00	16	Com base no preço histórico da madeira processada de eucalipto, CEPEA (2018).				
16	Preço de Resíduos de Madeira	USD / m <sup>3</sup>	15,00	15,00	17	Fórmula matemática.				
		BRL / m <sup>3</sup>	60,00	60,00	18	Com base no aumento real do preço de madeira serrada de ipê, jatobá, peroba e eucalipto, CEPEA (2002 a 2018).				
17	Preço Ponderado [conversão x volume x preço]	USD / m <sup>3</sup>	312,00	218,00						
		BRL / m <sup>3</sup>	1.200,00	840,00						
18	Aumento Real do Preço da Madeira Serrada	% CAGR	1,50	1,50						
		Período anos	30	30						
		Ganho período %	56,00	56,00						

Nota: A avaliação dos ativos biológicos segue o padrão IFRS 13. Os números 1 a 18 são premissas.

\*Incremento Médio Anual

\*\* Free on Board

A análise de modelagem é baseada em quatro modelos definidos, dois para a Mata Atlântica e dois para a Amazônia: um apenas com espécies nativas e outro com uma mistura de espécies nativas e outras tropicais exóticas como mogno africano (*Khaya sp.*) e toona (*Toona ciliata*). A diferença mais proeminente entre os modelos das florestas amazônica e atlântica é a distância do frete - distância média de 2.000 km e 300 km, respectivamente. É importante destacar que nessa análise foram considerados plantios em áreas de uso alternativo do solo, pois espécies nativas, ou uma mistura de espécies

nativas e exóticas, podem ser plantadas em áreas de Reserva Legal e áreas de uso alternativo. Como o corte raso não foi considerado nesses modelos, o manejo seria o mesmo para os dois tipos de áreas.

Em cada um desses cenários foi considerado um cenário de linha de base (Figuras 8 e 9) e a taxa de retorno incremental foi avaliada para cada variável (redução de custos; aumento na taxa de conversão de madeira em tora para madeira serrada; aumento de produtividade nos cenários I, II, III e IV; e dois cenários que combinam essas variáveis).

Figura 8 | Taxa interna de retorno (TIR - %) para o bioma Mata Atlântica: a) mistura de espécies nativas, b) mistura de espécies nativas e espécies tropicais exóticas

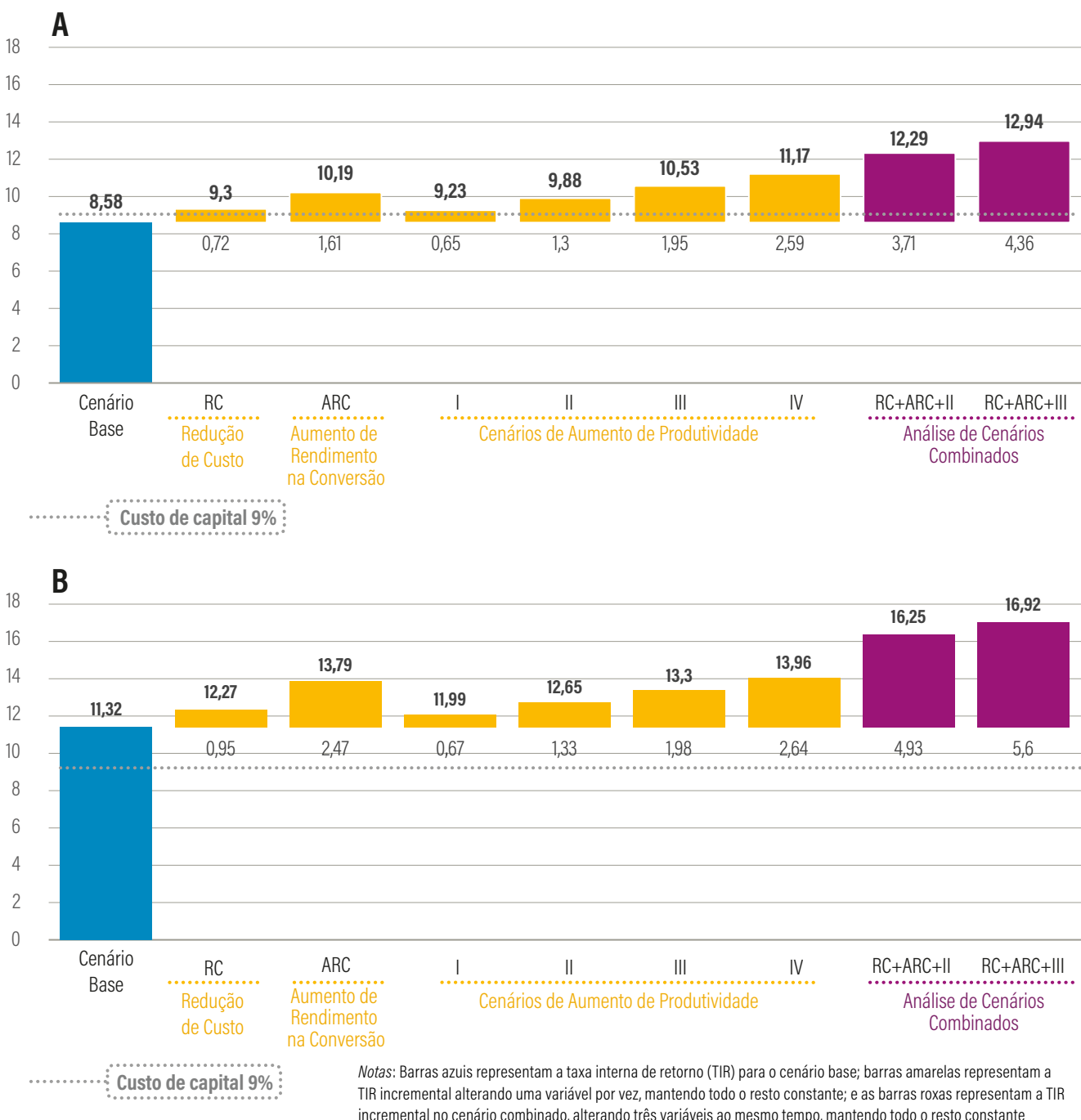




Figura 9 | Taxa Interna de Retorno (TIR - %) Para o bioma Amazônia: A) Mistura de Espécies Nativas, B) Mistura de Espécies Nativas e Espécies Tropicais Exóticas



Nenhum desses cenários base apenas com espécies nativas atende ao custo de capital, seja para a Mata Atlântica ou para o bioma Amazônia, o que significa que, sob as premissas propostas, os projetos não são lucrativos.

No caso dos modelos da Mata Atlântica, uma melhoria em qualquer uma das variáveis resulta em um negócio lucrativo. Sob o cenário que pressupõe uma mistura de espécies nativas da Mata Atlântica e espécies exóticas, o cenário base já é rentável e, no melhor dos casos, a taxa interna de retorno (TIR) melhora de 11,3% para 17%.

No caso dos modelos da Amazônia, os custos do frete afetam significativamente o modelo. Nos dois modelos da Amazônia, o aumento de rendimento na conversão (ARC) e/ou o aumento da produtividade (cenários II, III, IV) resultam em um negócio lucrativo. Uma combinação de redução de custos (RC), aumento de rendimento na conversão de madeira em tora para madeira serrada (ARC) e aumento de produtividade fez com que a TIR aumentasse de 8,2% para 14,5% no cenário III.

Nos dois modelos que incluíram espécies exóticas na mistura de espécies, a variável ARC tem o maior

impacto. Isso pode ser explicado pelo fato de que modelos com espécies exóticas produzem maiores volumes de madeira num prazo menor; uma melhora na eficiência da conversão, portanto, maximiza os retornos quando comparados aos modelos de menor produtividade usando apenas espécies nativas. Essa é a única variável que, individualmente, pode tornar lucrativo qualquer um dos quatro modelos propostos (espécies da Mata Atlântica misturadas a espécies exóticas já é um modelo lucrativo).

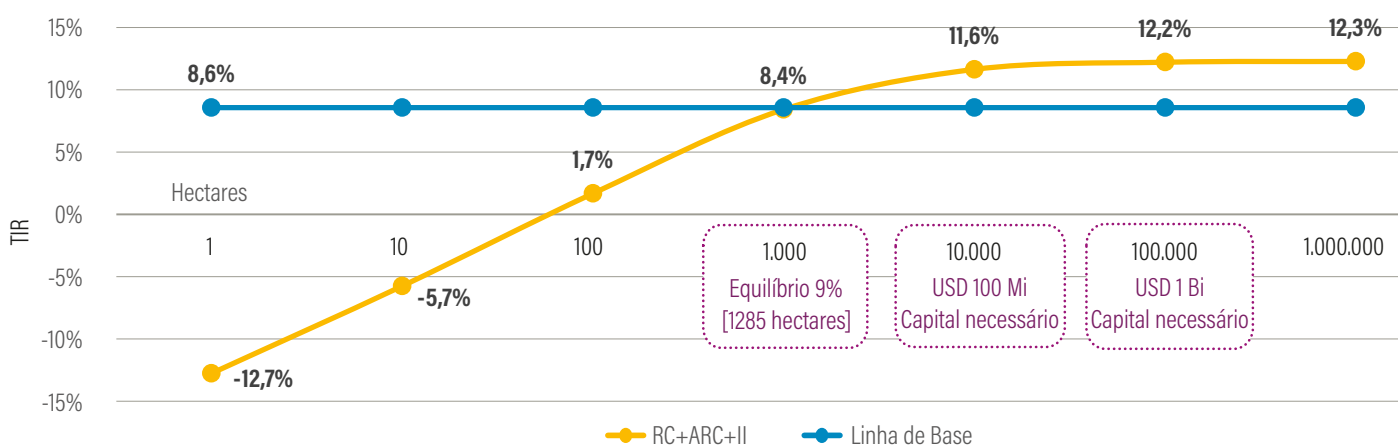
### 5.6 Escalabilidade de uma plataforma de P&D

Para determinar as escalas mínimas e ideais de silvicultura que justificariam o investimento em uma Plataforma de P&D, foi usado o modelo da Mata Atlântica com mistura de espécies nativas, permitindo que todos os outros custos e receitas variem com a escala, mantendo constante apenas o investimento em P&D. O cenário escolhido para comparação com a linha de base foi o RC + ARC + II (redução de 20% nos custos; aumento da taxa de conversão de 20% para

40% no desbaste e de 40% para 50% no corte final; e aumento de 35% na produtividade). A escala variou de 1 a 1.000.000 hectares. O ponto de equilíbrio que atinge o custo de capital é de 1.285 hectares (Figura 10).

Embora os benefícios das economias de escala tendam ao infinito, existe um gasto de capital (CAPEX) para a implementação da silvicultura associado aos investimentos em P&D. Conforme observado anteriormente, o CAPEX para P&D é fixo, mas o CAPEX para a implementação da silvicultura varia com a escala do plantio. Embora a taxa de retorno seja mais alta na escala de 100.000 ha, o capital necessário é de 1 bilhão de dólares, em comparação com 100 milhões de dólares na escala de 10.000 ha. O cenário base é linear, porque o investimento e os benefícios em P&D não são incluídos, deixando apenas os custos variáveis.

Figura 10 | Comparação entre cenário referencial da Mata Atlântica com combinação de espécies nativas e cenário melhorado com P&D.



Nota: A escala que equaliza o custo de capital é de 1.285 hectares. Elaborado pelo autores.

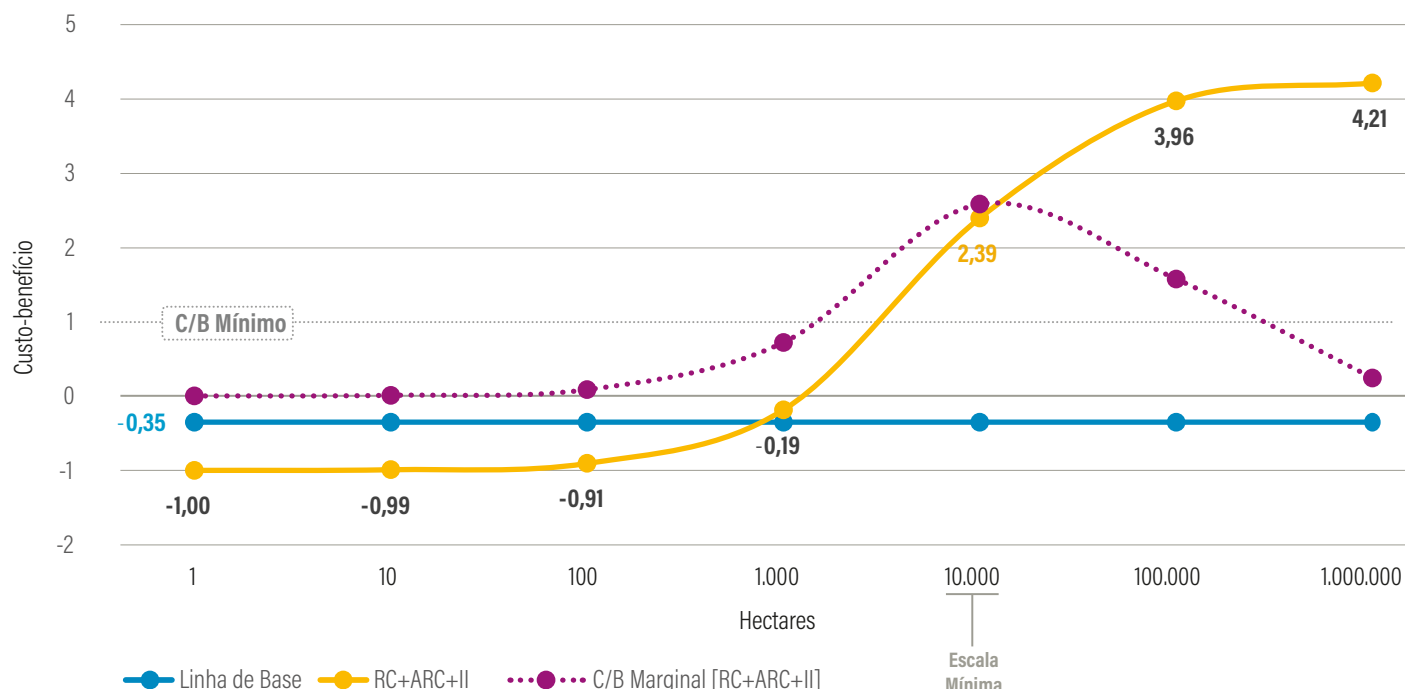
## 6. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO (C/B) DOS CENÁRIOS DE INVESTIMENTO

A análise de Custo-Benefício (C/B) é um indicador usado para medir a relação entre os custos de um determinado projeto e os benefícios que ele gera, em termos monetários ou qualitativos. A análise de Custo-Benefício, no entanto, não fornece nenhuma noção de quanto valor econômico será criado, como mostrado na Figura 11. Na C/B, foi usado o valor presente líquido (VPL, descontado a 9%) sobre o CAPEX do desembolso inicial do investimento no ativo florestal, tanto para o cenário base quanto para o cenário melhorado RC + ARC + II (redução de 20% nos custos; aumento da taxa de conversão de 20% para 40% em desbaste e de 40% para 50% no corte final; e aumento de 35% na produtividade). O cenário melhorado também incluiu o investimento em P&D e seus benefícios (Figura 11).

Se um projeto tiver um custo-benefício (C/B) maior que 1, resulta em um VPL positivo e terá uma taxa interna de retorno (TIR) acima do custo de capital. Isso sugere que o VPL das receitas do projeto supera o VPL dos custos, e o projeto deve ser considerado. Se o C/B for igual a 1, a proporção indica que o VPL das receitas esperadas é igual aos custos. Se o C/B de um projeto for menor que 1, os custos do projeto superam os benefícios e ele não deve ser considerado, como é o caso do cenário base.

Nesse caso, o cenário RC + ARC + II mostrou um C/B de 2,39 (tendendo ao infinito), o que indica que os benefícios do projeto superam significativamente seus custos. Além disso, para o cenário proposto de 10.000 hectares, pode-se esperar USD 2,39 em benefícios para cada USD 1 de seu custo (7% do CAPEX em P&D e 93% do CAPEX florestal em desembolso). Por outro lado, a silvicultura aplicada na mesma escala no cenário base gerou uma perda de USD 0,35 para cada USD 1 investido (100% do CAPEX florestal em desembolso).

Figura 11 | Análise Custo-Benefício da Escala de Silvicultura no Cenário RC + ARC + II



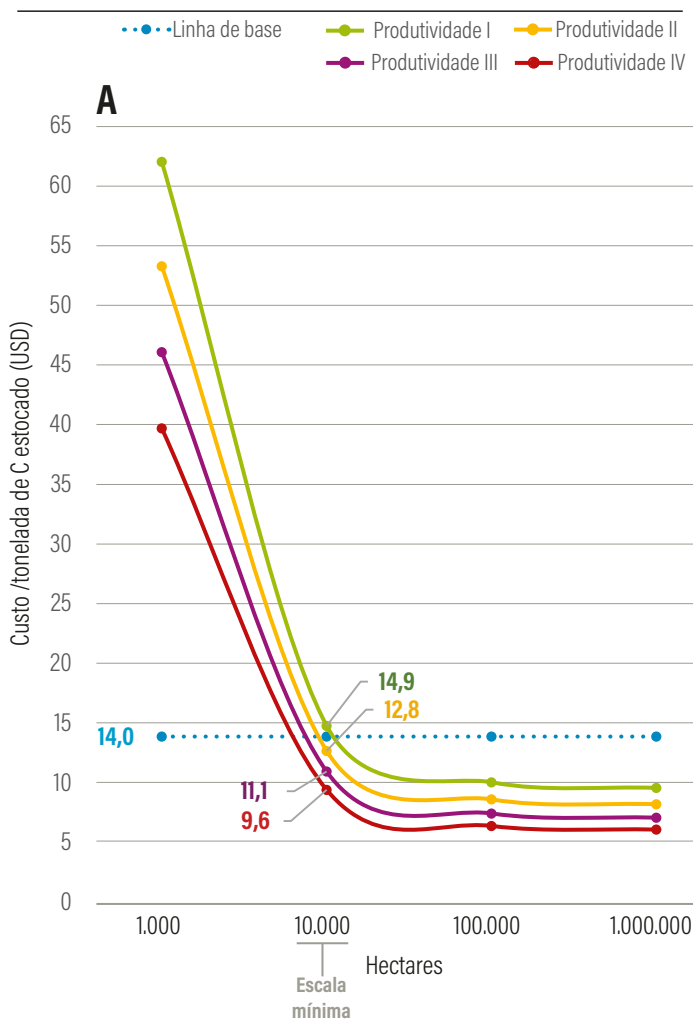
Nota: A relação custo-benefício é o valor presente líquido/CAPEX. O custo-benefício marginal foi plotado para determinar a escala mais vantajosa, uma vez que as relações custo-benefício tendem ao infinito.

## 6.1 REMOÇÃO DE CO<sub>2</sub>

O potencial médio de espécies nativas para sequestrar e armazenar carbono em biomassa por um período de 30 anos (ou seja, o estoque total de biomassa atingido no 30º ano) pode atingir 440 t CO<sub>2</sub>-e/ha (Rolim & Piotto, 2018). Considerando que solos florestais têm grande potencial para armazenar carbono em profundidade (Marques et al., 2016), o potencial da silvicultura de espécies nativas para armazenar e sequestrar carbono é muito alto.

Como anteriormente, a análise de custo benefício foi calculada usando o CAPEX no desembolso inicial e a escala da plataforma. Nesta análise, foram avaliados os quatro cenários de crescimento e estimados o custo por tonelada de carbono armazenado, em comparação com os cenários base (Figura 12). As premissas desses cenários são mostradas na Tabela 10.

Figura 12 | **Análise de custo-benefício do armazenamento de carbono em diferentes cenários de produtividade**



Nota: Os índices de C/B correspondem a carbono estocado por hectare/Capex por hectare. Elaboração dos autores.

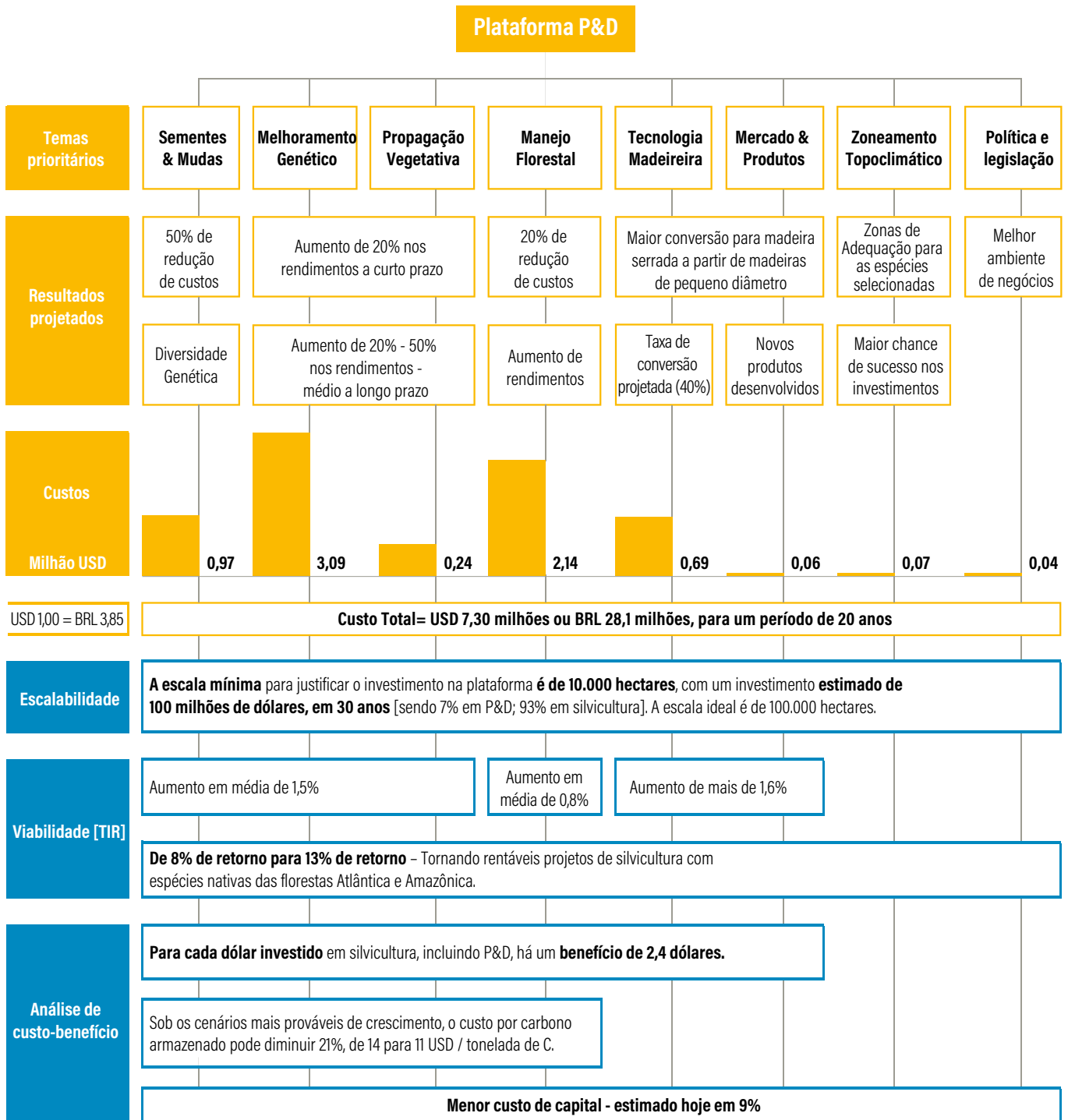
Tabela 10 | **Premissas usadas na análise custo-benefício**

CENÁRIO	BASE	I	II	III	IV
Aumento de Produtividade	0	16	35	56	81
Carbono Armazenado (tons/ha)	120	139	162	187	217

Source: elaborado pelos autores, e modificado de Rolim & Piotto, 2018.

Os cenários II, III e IV fornecem uma melhor relação custo-benefício do que o cenário base em uma escala de 10.000 hectares ou mais. Nos panoramas mais prováveis, o custo por tonelada de carbono armazenado nos cenários II e III diminuiria em 9% e 21%, respectivamente (cenário de referência de 14 USD por tonelada métrica), na escala de 10.000 hectares. O panorama seria ainda mais propício na escala de 100.000 hectares, com o custo caindo para menos de USD 8,00 por tonelada de carbono armazenado. O preço médio de CO<sub>2</sub>-e para o plantio de árvores publicado no relatório da Forest Trends (2017) foi de USD 7,50. Isso significa que os mercados de carbono poderiam subsidiar os custos iniciais de projetos que envolvem silvicultura de espécies nativas. Contudo, há ainda algumas incertezas quanto a densidade de madeira das árvores cultivadas mais rapidamente em cenários com aumento de produtividade, o que poderia reduzir o potencial de armazenamento de carbono. Os resultados gerais da análise de custo-benefício são mostrados na Figura 13.

Figura 13 | **Análise de Custo-benefício**



Nota: Taxa de câmbio em 07 de março de 2019.

---

## 7. CONCLUSÕES

Existem muitos desafios para acelerar e ampliar a restauração florestal e o reflorestamento no Brasil, e uma opção promissora é a silvicultura de espécies arbóreas nativas. O plantio de árvores nativas não apenas traz benefícios significativos em termos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, mas também contribui para a conservação da biodiversidade, trazendo benefícios financeiros para os produtores e benefícios econômicos para o país.

Todavia, uma nova economia florestal depende de uma Plataforma de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nacionalmente integrada para espécies nativas, com o objetivo de expandir os conhecimentos científico e tecnológico e, assim, melhorar a produtividade das espécies e a qualidade da madeira produzida e reduzir custos. Essa plataforma deve começar por meio de um arranjo pré-competitivo que envolva pesquisadores, agricultores, empresas florestais, investidores e governo.

Os resultados apresentados neste Working Paper mostram lacunas no conhecimento acerca da maioria das espécies nativas no mercado madeireiro. Um total de 30 espécies foram priorizadas para a Plataforma de P&D pré-competitiva e oito temas de pesquisa foram definidos na abordagem das lacunas. O tempo estimado para preencher a maioria das lacunas desses temas é inferior a cinco anos. Um dos cenários selecionados para a análise de custo-benefício (C/B) inclui oito temas, 30 espécies e um programa de pesquisa de 20 anos. O investimento necessário para estabelecer uma Plataforma de P&D pré-competitiva para esse cenário é de BRL 28,1 (~USD 7,3 milhões, taxa de câmbio em 07/03/2019).

Quatro modelos foram utilizados para estimar a escalabilidade e analisar o custo-benefício, dois para a Mata Atlântica e dois para o bioma Amazônia. A principal diferença entre os biomas é a distância do frete aos portos. A mistura de espécies nativas e exóticas mostrou-se rentável no bioma Mata Atlântica, porque as espécies exóticas já incorporam os ganhos de décadas de investimento em P&D, que resultaram em um sistema de manejo mais eficiente e em maiores rendimentos. Um aumento de 35% no aumento de produtividade é suficiente para tornar todos os modelos lucrativos. O cenário com um aumento de produtividade entre 35% e 56% parece ser o mais provável. Embora exista um enorme potencial para aumentar a escala de silvicultura de espécies nativas para milhões de hectares visando suprir a demanda global de madeira tropical, o plantio em uma escala de até 10.000 hectares já justificaria um investimento na Plataforma de P&D.

As vantagens econômicas da silvicultura de espécies nativas advêm da provisão de um produto que está se tornando escasso no mercado e tende a aumentar de preço à medida que o mundo avança para uma economia de baixo carbono. Essas tendências transformarão a silvicultura de espécies nativas em um negócio e investimento rentável a longo prazo.

Uma Plataforma de P&D tem o potencial de aumentar a escala da silvicultura de espécies nativas, fornecendo retornos financeiros atraentes para investidores e agricultores. No caso do Brasil, esse interesse renovado pela silvicultura de espécies nativas pode não apenas responder às demandas do mercado madeireiro, mas também trazer benefícios adicionais, como uma diminuição no desmatamento e degradação, remoção de milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> da atmosfera, fornecimento de empregos verdes e renda, além de custos reduzidos de restauração e reflorestamento.

## Recomendações

- **A silvicultura de espécies arbóreas nativas precisa ser reconhecida como uma estratégia** importante para aumentar a produção de madeira e ajudar o Brasil a atingir as metas da NDC. Agências governamentais e a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura precisam promover e disseminar a importância das árvores nativas brasileiras para a produção agrícola e pecuária em sistemas integrados, demonstrando sua capacidade de aumentar a resiliência do setor agrícola e sua importância para criação de empregos, renda, sumidouro de carbono e muitos outros benefícios positivos.
- **Um fundo de BRL 28 milhões deve ser criado para investimento em uma Plataforma de P&D pré-competitiva** para iniciar a silvicultura de espécies nativas. Os investimentos do setor privado em P&D florestal atingiram cerca de BRL 45 milhões em 2016, concentrados principalmente em eucalipto e pinus, que ocupavam mais de 90% da área plantada com florestas em 2015 (IBÁ, 2017). O planejamento quinquenal liderado pelo setor florestal é uma maneira de fornecer investimentos iniciais para a plataforma pré-competitiva sugerida neste Working Paper. Organizações nacionais e internacionais também devem investir em uma plataforma pré-competitiva. As instituições de pesquisa contribuiriam com seu conhecimento, recursos humanos e infraestrutura como contrapartida para a construção da Plataforma de P&D e o compartilhamento dos benefícios.
- **O Brasil precisa reformular sua Legislação Florestal para desenvolver a silvicultura de espécies nativas.** O setor florestal, as instituições de pesquisa e os governos federal (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Fazenda e Ministério do Meio Ambiente), estadual e municipal precisam unir esforços para reformular a legislação visando enfrentar os principais contratemplos e criar incentivos para impulsionar a silvicultura de espécies nativas.

## REFERÊNCIAS

- Bastin, J-F., Y. Finegold, C. Garcia, D. Mollicone, M. Rezende, D. Routh, C. M. Zohner et al. 2019. The global tree restoration potential. *Science* 365: 76-79.
- Batista, A., A. Prado, C. Pontes, M. Matsumoto. 2017. "VERENA Investment Tool: Valuing Reforestation with Native Tree Species and Agroforestry Systems". Technical Nota. São Paulo, SP: World Resources Institute Brasil.
- Beech, E., M. Rivers, S. Oldfield, and P.P. Smith. 2017. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry*, 36 (5): 454-489.
- Brazilian Coalition on Climate, Forests and Agriculture. n.d. 27 p. <http://www.coalizaobr.com.br/home/phocadownload/Full%20Document-%20Brazilian%20Coalition%20on%20Climate%20Forests%20and%20Agriculture.pdf>.
- Buongiorno, J. 2015. Global modelling to predict timber production and prices: the GFPM approach. *Forestry*, 88: 291-303.
- Calmon, M., P.H.S. Brancalion, A. Paese, J. Aronson, P. Castro, S.C. da Silva, and R.R. Rodrigues. 2011. Emerging Threats and Opportunities for Large-Scale Ecological Restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology* 19 (2): 154-158.
- Dias-Filho, M.B. 2014. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. "Rediscovering wood: the key to a sustainable future". Proceedings of the Art and Joy of Wood Conference, Bangalore, India, October 19-22, 2011.
- FAOstat. 2017. (Database). <http://faostat.fao.org/>. Accessed December 11, 2017.
- FSC (Forest Stewardship Council) and Indufor. 2012. Strategic Review on the Future of Forest Plantations. 113 p. <http://www.fao.org/forestry/42701-090e8a9fd4969cb334b2ae7957d7b1505.pdf>.
- Forest Trends. 2017. [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_5242.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_5242.pdf).
- IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). 2016. Relatório Ibá 2016.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2018. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura-2017. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2017>.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 1997. Madeiras da Amazônia, características e utilização. Vol. 3 - Amazônia Oriental. Brasília, DF: Laboratório de Produtos Florestais.
- Instituto BVRio. 2016. Uso de Big Data para detecção de ilegalidade no setor de madeira tropical. Uma análise do Sistema de Due Diligence e Análise de Risco da BVRio. Rio de Janeiro, RJ.
- International Tropical Timber Organization - ITTO. Biennial review statistics. [https://www.itto.be/innal\\_review/](https://www.itto.be/innal_review/).
- Longo, W. P. e; Oliveira, A. R. P. de. 2000. Pesquisa Cooperativa e Centros de Excelência. *Parcerias Estratégicas* 9 (Outubro): 129-144.
- Mainieri, C., and J.P. Chimelo. 1989. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- Metzger, J.P, M.M.C. Bustamante, J. Ferreira, G.W. Fernandes, F. Librán-Embid, V.D. Pillar, P.R. Prist et al. 2019. Why Brazil needs its Legal Reserve? *Perspectives in Ecology and Conservation* <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>.
- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações -MCTIC. 2019. Recursos Aplicados - Indicadores Consolidados. [https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_3.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_3.html)
- Nahuz, M.A.R., M.J.A.C. Miranda, P.K.Y. Yelo, R.J.B. Pigozzo, and T. Yojo. 2013. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. São Paulo, SP: IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).
- New Forests 2015. Timberland Investment Outlook, 2015 - 2019. <https://www.newforests.com.au/#insights>.
- Payn, T., J.M. Carnus, P. Freer-Smith, M. Kimberley, W. Kollert, S. Liu, C. Orazio et al. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management* 352: 57-67
- Ribeiro, E.S., R.A.T.M. de Souza, M.H. de Paula, R.R.S de Mesquita, E.L. Moreira, and H. Fazon. 2016. Espécies florestais comercializadas pelo estado de Mato Grosso. *Biodiversidade* 15 (2): 2-20.
- Rolim, S.G., and D. Piotto, eds. 2018. Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica. Belo Horizonte, MG: Editora Rona.
- Serviço Florestal Brasileiro - SFB. 2018. Plano Anual de Outorga Florestal - PAOF, 2019. <http://www.florestal.gov.br/documentos/concessoes-florestais/concessoes-florestais-consulta-publica-paof/3977-paof-2019/file>.
- Veríssimo, A.; D. Pereira. 2014. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. *Parcerias Estratégicas* 19 (38): 13-44.
- World Business Council for Sustainable Development -WBCSD Forest Solutions Group. 2015. As florestas são fundamentais para a sustentabilidade global. [http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo\\_site/storage/original/application/d0ad76f38f3a0b155c2f8a73981d55bc.pdf](http://www.thenavigatorcompany.com/var/ezdemo_site/storage/original/application/d0ad76f38f3a0b155c2f8a73981d55bc.pdf)
- World Wide Fund for Nature - WWF. 2014. Living Forests Report. [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/deforestation/forest\\_publications\\_news\\_and\\_reports/living\\_forests\\_report/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/deforestation/forest_publications_news_and_reports/living_forests_report/).

## NOTAS

1. Presidência da República, Casa Civil. Lei nº 6.938, 31 de agosto de 1981. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm).
2. Presidência da República, Casa Civil. Lei nº 12.651 /2012, 25 de maio de 2012. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm).
3. Presidência da República, Casa Civil. Decreto nº 8.375 /2014, 11 de dezembro de 2014. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8375.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8375.htm).
4. Um módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é definido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para cada município. Seu tamanho varia de 5 a 110 hectares, dependendo do município onde a propriedade está localizada.
5. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 474, abril, 2016. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=720>.



## ANEXO A. PARTICIPANTES DO WORKSHOP

Tabela A1 | Grupos de trabalho, suas áreas temáticas e participantes do Workshop “Mapa de Lacunas e Prioridades de Pesquisa em Silvicultura de Espécies Nativas”, realizado de 3 a 5 de setembro de 2018, na Floresta Nacional de Ipanema (FLONA Ipanema), em Iperó, Estado de São Paulo

GRUPO	ÁREA TEMÁTICA	PARTICIPAÇÃO	PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO
1	Sementes	Coordenador	Marcia Balistiero Figliolia	Rede Mata Atlântica de Sementes (REMAS)
	Sementes	Colaborador	Fatima C.M. Piña-Rodrigues	Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
	Mudas	Coordenador	José Mauro Santana da Silva	Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
	Mudas	Colaborador	Lausanne Soraya de Almeida	Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
	Propagação vegetativa	Coordenador	Gilvano Ebling Brondani	Universidade Federal de Lavras (UFLA)
	Propagação vegetativa	Colaborador	Leandro Silva de Oliveira	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
	Melhoramento genético	Coordenador	Miguel Luiz Menezes Freitas	Instituto Florestal (IF) - São Paulo
	Melhoramento genético	Colaborador	Ananda Virginia de Aguiar	Embrapa Florestas
	Melhoramento genético	Coordenador	Andrei Caíque Pires Nunes	Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
2	Ecofisiologia	Coordenador	Otávio Camargo Campoe	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
	Ecofisiologia	Colaborador	Marcelo Schramm Mielke	Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
	Ecofisiologia	Colaborador	Ândrea Carla Dalmolin	Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
	Micorriza e Rizóbio	Coordenador	Sérgio Miana de Faria	Embrapa Agrobiologia
	Manejo florestal	Coordenador	José Cambuim	Universidade do Estado de São Paulo (Unesp-Ilha Solteira)
	Manejo florestal	Colaborador	Rafael de Paiva Salomão	Museu Paraense Emílio Goeldi
3	Tecnologia madeireira	Coordenador	Alexandre M. de Carvalho	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
	Tecnologia madeireira	Colaborador	João Vicente F. Latorraca	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
	Tecnologia madeireira	Colaborador	Franciane Andrade de Pádua	Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
	Zoneamento florestal	Coordenador	Silvio Brienza Junior	Embrapa Amazônia Ocidental
	Zoneamento florestal	Colaborador	Lucieta Guerreiro Martorano	Embrapa Amazônia Ocidental
	Zoneamento florestal	Colaborador	Maricélia Gonçalves Barbosa	Instituto Iniciativa Amazônia (INIAMA)
	Modelagem de produção	Coordenador	Daniel Piotto	Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
	Benefícios e Carbono	Coordenador	Samir Gonçalves Rolim	Amplo - Gerenciamento de Projetos
4	Economia e mercado	Coordenador	José de Arimatéia Silva	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
	Economia e mercado	Colaborador	Erich Schaitza	Embrapa Florestas
	Economia e Políticas Públicas	Colaborador	Alan Batista	WRI - Brasil
	Políticas Públicas e Legislação	Coordenador	Maria José Brito Zakia	Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)
	Políticas Públicas e Legislação	Colaborador	Natália Guerin	Escola de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)
	Políticas Públicas e Legislação	Colaborador	Hellen Patrícia Pecchi Leite	Escola de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)
	Todos os temas	Convidado Especial	Vera Lex Engel	Universidade do Estado de São Paulo (Unesp-Botucatu)
	Todos os temas	Convidado Especial	Antônio Paulo Mendes Galvão	Ex-diretor da Embrapa Florestas
	Todos os temas	Convidado Especial	Renata Evangelista de Oliveira	Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
	Todos os temas	Convidado Especial	Ivan Crespo da Silva	Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Todos os temas	Convidado Especial	Rachel Biderman	WRI - Brasil	

## ANEXO B. ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS SELECIONADAS PARA O WORKSHOP

Tabela B1 | Lista das 45 espécies nativas pré-selecionadas usadas durante o Workshop “Mapa de Lacunas e Prioridades de Pesquisa em Silvicultura de Espécies Nativas”, realizado de 3 a 5 de setembro de 2018, na Floresta Nacional de Ipanema (FLONA Ipanema) em Iperó, Estado de São Paulo

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	FAMÍLIA	CLASSE
<b>Bioma Mata Atlântica</b>			
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	araucária	Araucariaceae	1A
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	aderne	Anacardiaceae	1A
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	Rutaceae	1A
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	Calophyllaceae	1A
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá	Lecythidaceae	1A
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	Boraginaceae	1A
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-bahia	Fabaceae	1A
<i>Hymenaea courbaril</i> L.*	jatobá	Fabaceae	1A
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	Fabaceae	1A
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático	Fabaceae	1A
<i>Simarouba amara</i> Aubl.*	caixeta	Simaroubaceae	1A
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	ipê amarelo	Bigoniaceae	1B
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.*	sapucaia	Lecythidaceae	1B
<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard	paraju	Sapotaceae	1B
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira do sertão	Anacardiaceae	1B
<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima and G.P.Lewis	pau-brasil	Fabaceae	1B
<i>Terminalia argentea</i> Mart.*	capitão do campo	Combretaceae	1B
<i>Terminalia mameluco</i> Pickel	capitão do campo 2	Combretaceae	1B
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê felpudo	Bigoniaceae	1B
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	angico	Fabaceae	2
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.*	cedro rosa	Meliaceae	2
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	Fabaceae	2
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	boleira	Euphorbiaceae	3
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	cabreúva	Fabaceae	2
<i>Pterigota brasiliensis</i> (All.) K.Schum.	farinha seca	Malvaceae	3
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	Fabaceae	3
<b>BIOMA CERRADO</b>			
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	Fabaceae	1 (PFNM)
<b>BIOMA AMAZON</b>			
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	tatajuba	Moraceae	1A
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	castanha-do-pará	Lecythidaceae	1A
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	andiroba	Meliaceae	1A
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	sumaúma	Malvaceae	1A
<i>Cordia goeldiana</i> Huber.	freijó cinza	Boraginaceae	1A
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	parapará	Bigoniaceae	1A
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	morototó	Araliaceae	1A
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	paricá	Fabaceae	1A
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	ucuúba	Myristicaceae	1A
<i>Vochysia maxima</i> Ducke	quaruba verdadeira	Vochysiaceae	1A
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	aracanga	Apocynaceae	1B
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	cumarú	Fabaceae	1B
<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	fava amargosa	Fabaceae	1B
<i>Couma utilis</i> (Mart.) Müll.Arg.	sorva	Apocynaceae	2
<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	fava timbaúva	Fabaceae	2
<i>Swietenia macrophylla</i> King	mahogany	Meliaceae	2
<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	fava bolota	Fabaceae	3
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva and H.C.Lima	taxi-branco	Fabaceae	3

\* Espécies comuns à Mata Atlântica e à Amazônia. PFNM = produto florestal não madeireiro. O baru (*Dipteryx alata*) produz uma noz comercializada na região do Cerrado e sua madeira possui excelente qualidade.

## ANEXO C. LACUNAS E PRIORIDADES DE PESQUISA INDICADAS POR NÚMERO DE CITAÇÕES NA LITERATURA

Tabela C1 | **SEMENTES.** A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas a sementes.

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (NÚMERO DE CITAÇÕES)									
	SEMENTES/KG	ORIGEM	MANEJO DE SE- MENTES	CO- LHEITA	SECA- GEM	ARMA- ZENA- MENTO	VIDA ÚTIL	GERMI- NAÇÃO	DOR- MÊNCIA	TOTAL
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	9	3	4	1	5	2	2	2	29
<i>Astronium graveolens</i>	2	1	1	2	1	1	-	2	1	11
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	4	6	3	5	3	4	3	4	4	36
<i>Bertholletia excelsa</i>	1	4	3	3	-	3	2	4	2	22
<i>Calophyllum brasiliense</i>	2	6	6	6	3	3	1	6	4	37
<i>Carapa guianensis</i>	4	8	4	7	4	3	1	6	3	40
<i>Cariniana legalis</i>	1	1	1	1	1	1	-	1	-	7
<i>Ceiba pentandra</i>	2	2	1	2	1	2	1	3	1	15
<i>Cordia goeldiana</i>	1	3	2	1	2	4	3	5	-	21
<i>Cordia trichotoma</i>	3	5	2	4	1	2	3	6	2	28
<i>Dalbergia nigra</i>	3	8	5	7	2	8	4	9	2	48
<i>Dipteryx odorata</i>	1	1	-	1	2	-	-	3	-	8
<i>Handroanthus serratifolius</i>	2	3	2	-	1	1	2	3	1	15
<i>Hymenaea courbaril</i>	5	8	4	5	3	2	-	7	7	41
<i>Jacaranda copaia</i>	2	4	1	4	2	2	2	4	1	22
<i>Lecythis Pisonis</i>	3	2	2	1	1	1	1	2	-	13
<i>Manilkara subsericea</i>	-	2	-	1	-	-	-	2	1	6
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	5	2	4	2	3	2	7	2	28
<i>Paubrasilia echinata</i>	1	4	1	3	2	2	1	4	-	18
<i>Peltophorum dubium</i>	2	13	4	2	3	2	-	8	13	47
<i>Plathymenia reticulata</i>	2	4	2	6	2	1	2	6	6	31
<i>Schefflera morototoni</i>	2	2	1	1	-	-	-	2	2	10
<i>Simarouba amara</i>	1	1	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Terminalia argentea</i>	3	4	2	4	-	2	1	4	2	22
<i>Vataireopsis speciosa</i>	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Virola surinamensis</i>	1	4	1	2	-	2	3	4	3	20
<i>Vochysia maxima</i>	-	1	-	1	-	-	-	-	1	3
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	2	1	-	2	-	2	2	2	1	12
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>113</b>	<b>53</b>	<b>81</b>	<b>37</b>	<b>56</b>	<b>36</b>	<b>106</b>	<b>61</b>	<b>595</b>

- indica que não foram encontradas citações

Tabela C2 | **MUDAS.** A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas a mudas.

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)					
	FERTILIZAÇÃO	SOMBREAMENTO	CICLO	ACONDICIONAM.	SUBSTRATO	TOTAL
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	4	-	-	-	5
<i>Astronium graveolens</i>	-	1	-	1	-	2
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	-	2	-	-	-	2
<i>Bertholletia excelsa</i>	3	1	-	-	1	5
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1	6	-	3	3	13
<i>Carapa guianensis</i>	2	2	-	1	1	6
<i>Cariniana legalis</i>	2	2	1	-	1	6
<i>Ceiba pentandra</i>	1	1	1	1	-	4
<i>Cordia goeldiana</i>	2	1	-	-	1	4
<i>Cordia trichotoma</i>	1	4	-	4	1	10
<i>Dalbergia nigra</i>	4	3	-	-	-	7
<i>Dipteryx odorata</i>	-	1	-	-	3	4
<i>Handroanthus serratifolius</i>	1	1	-	-	-	2
<i>Hymenaea courbaril</i>	5	6	-	4	3	18
<i>Jacaranda copaia</i>	-	5	-	-	-	5
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	3	1	1	1	3	9
<i>Peltophorum dubium</i>	7	1	1	4	-	13
<i>Plathymenia reticulata</i>	1	-	-	-	2	3
<i>Simarouba amara</i>	-	2	1	-	-	3
<i>Virola surinamensis</i>	-	2	1	-	-	3
<i>Vochysia maxima</i>	1	-	1	-	-	2
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	-	1	2	1	-	4
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>130</b>

Tabela C3 | **PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.** A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas à propagação vegetativa.

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)							
	TIPO DE PROPAGAÇÃO	FONTE DE PROPÁGULOS	SOMBREAMENTO	FERTILIZAÇÃO	CICLO	SUBSTRATO	ACONDI-CIONAMENTO	TOTAL
<i>Araucaria angustifolia</i>	10	10	6	3	9	7	9	54
<i>Bertholletia excelsa</i>	1	1	1	-	1	1	1	6
<i>Calophyllum brasiliense</i>	4	4	4	-	4	4	3	23
<i>Carapa guianensis</i>	1	1	1	-	1	1	1	6
<i>Cedrela fissilis</i>	4	4	4	2	4	4	4	26
<i>Copaifera langsdorffii</i>	2	2	2	1	2	2	2	13
<i>Cordia trichotoma</i>	4	4	4	1	4	4	4	25
<i>Dalbergia nigra</i>	3	3	3	-	3	3	1	16
<i>Handroanthus serratifolius</i>	2	2	2	-	2	2	2	12
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	1	1	-	1	1	-	5
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1	1	1	-	1	1	1	6
<i>Peltophorum dubium</i>	4	4	4	-	4	4	4	24
<i>Plathymenia reticulata</i>	1	1	1	-	1	1	1	6
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	1	1	1	1	1	1	1	7
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	1	1	-	1	1	1	6
<i>Swietenia macrophylla</i>	7	7	7	-	5	7	7	40
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>8</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>275</b>

Tabela C4 | **MELHORAMENTO GENÉTICO. A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas ao melhoramento genético.**

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)										
	ORIGEM	IDADE	IMA		CV (%)		HERDABILIDADE MÉDIA		NE	SOBRE-VIVÊNCIA	TOTAL
			A (m)	DAP (cm)	A	DAP	H	DEH			
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i>	2	2	2	2	2		2				12
<i>Araucaria angustifolia</i>	28	28	26	12	7	10	5	5	4	5	130
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	24	24	23	19	24	18	22	18	18	24	214
<i>Paubrasilia echinate</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	3
<i>Cariniana legalis</i>	25	25	25	19	24	18	25	19	1	25	206
<i>Cordia trichotoma</i>	1	1	-	-	1	1	1	1	-	1	7
<i>Hymenaea courbaril</i>	2		-	-	-	-	-	-	2	-	4
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	35	36	16	25	29	32	29	33	12	21	268
<i>Peltophorum dubium</i>	37	37	36	31	36	34	30	26	2	35	304
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	8	8	8	8	4	4	-	-	-	8	48
<i>Schizolobium parahyba</i>		5	-	-	5	3	5	3	-	1	22
<i>Terminalia argentea</i>	4	5	-	-	1	1	5	5	1	5	27
<i>Virola surinamensis</i>	13	13	12	12	-	-	1	1	-	12	64
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	3
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>186</b>	<b>149</b>	<b>128</b>	<b>133</b>	<b>121</b>	<b>125</b>	<b>111</b>	<b>41</b>	<b>137</b>	<b>1312</b>

Notas: - indica que não foram encontradas citações; IMA = incremento médio anual; A = altura, em metros; DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; CV = coeficiente de variação, percentual; NE = Número efetivo populacional.

Tabela C5 | **TECNOLOGIA MADEIREIRA.** A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas à tecnologia madeireira.

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)						
	SECAGEM	DIVISÃO	RESIS-TÊNCIA	DENSIDADE	USOS	PROCES-SAMENTO	TOTAL
<i>Araucaria angustifolia</i>	2	1	1	2	-	1	7
<i>Astronium graveolens</i>	1	-	1	2	1	1	6
<i>Bagassa guianensis</i>		-	-	1	1	-	2
<i>Balfourodendron riedelianum</i>		-	-	1		-	1
<i>Pterigota brasiliensis</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Carapa guianensis</i>		-	-	1	-	-	1
<i>Cariniana legalis</i>	1	-	1	3	1	1	7
<i>Cedrela fissilis</i>		-	-	1	-	-	1
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Cordia trichotoma</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Dalbergia nigra</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Dipteryx odorata</i>		-	-	1	-	-	1
<i>Handroanthus serratifolius</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Hymenaea courbaril</i>	2	1	2	2	-	1	8
<i>Joannesia princeps</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Lecythis pisonis</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Manilkara longifolia</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Parkia gigantocarpa</i>	1	-	1	1	-	-	3
<i>Paubrasilia echinata</i>	2	-	1	2	1	1	7
<i>Peltophorum dubium</i>	2	1	3	4	-	1	11
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	1	-	4	4		-	9
<i>Schizolobium parahyba</i>	2	-	1	2	1	-	6
<i>Swietenia macrophylla</i>	2	-	2	2		-	6
<i>Tachigali vulgaris</i>	2	-	2	2	2	1	9
<i>Terminalia mameluco</i>	1	-	1	1	1	1	5
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1	-	1	1	1	1	5
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>135</b>

Tabela C6 | **MANEJO FLORESTAL.** A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas à manejo florestal.

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)						
	ESPAÇAMENTO	PRAPARO DO SOLO	INTENSIDADE DE DESBASTE	PODA	CONSÓRCIOS	ECOFISIOLOGIA	TOTAL
<i>Anadenathera peregrina</i> var. <i>falcata</i>	5	3	-	-	3	-	11
<i>Araucaria angustifolia</i>	21	4	4	-	1	-	30
<i>Astronium graveolens</i>	12	2	-	-	16	-	30
<i>Bagassa guianensis</i>	6	1	-	-	2	-	9
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	14	3	-	-	16	-	33
<i>Pterigota brasiliensis</i>	1	1	-	-	-	-	2
<i>Bertholletia excelsa</i>	4	2	-	-	2	-	8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	7	4	1	1	7	-	20
<i>Carapa guianensis</i>	6	2	-	-	2	-	10
<i>Cariniana legalis</i>	15	2	-	-	2	-	19
<i>Cedrela fissilis</i>	23	12	-	-	26	-	61
<i>Copaifera langsdorffii</i>	10	8	-	-	10	-	28
<i>Cordia goeldiana</i>	11	7	-	-	11	-	29
<i>Cordia trichotoma</i>	23	3	-	-	3	-	29
<i>Dalbergia nigra</i>	3	-	-	-	2	-	5
<i>Dipteryx odorata</i>	6	3	-	-	5	-	14
<i>Genipa americana</i>	4	3	-	-	3	-	10
<i>Handroanthus serratifolius</i>	4	2	-	-	3	-	9
<i>Hymenaea courbaril</i>	21	9	-	-	23	-	53
<i>Jacaranda copaia</i>	7	4	-	-	1	-	12
<i>Joannesia princeps</i>	4	-	-	-	3	-	7
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	20	2	1	-	14	-	37
<i>Myrocarpus frondosus</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Paubrasilia echinate</i>	1	1	-	-	-	-	2
<i>Peltophorum dubium</i>	34	10	-	-	13	-	57
<i>Plathyenia reticulata</i>	6	-	-	-	1	-	7
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	10	8	-	-	9	-	27
<i>Schizolobium parahyba</i>	24	6	-	-	10	-	40
<i>Shefflera morototoni</i>	3	3	-	-	-	-	6
<i>Simarouba amara</i>	2	-	-	-	2	-	4
<i>Swietenia macrophylla</i>	14	5	-	-	7	-	26
<i>Tachigali vulgaris</i>	3	-	-	-	1	-	4
<i>Terminalia argentea</i>	3	1	1	-	3	-	8
<i>Virola surinamensis</i>	1	1	-	-	1	-	3
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	6	6	-	-	5	-	17
<b>Total</b>	<b>335</b>	<b>118</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>207</b>	<b>-</b>	<b>668</b>

Nota: - indica que não foram encontradas citações

Tabela C7 | **MODELAGEM FLORESTAL. A tabela mostra o número de citações para as variáveis selecionadas relacionadas à modelagem florestal.**

ESPÉCIE ARBÓREA	TEMA (Nº DE CITAÇÕES)						
	IDADE	VOLUME	EQ_HIPSO	EQ_VOLUME	EQ_BIOMASS	FFORM	TOTAL
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	-	1	-	-	-	2
<i>Astronium graveolens</i>	-	-	-	1	-	-	1
<i>Bagassa guianensis</i>	1	1	-	-	-	1	3
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	1	-	1	1	-	-	3
<i>Pterigota brasiliensis</i>	1	-	1	1	-	-	3
<i>Bertholettia excelsa</i>	4	5	-	1	-	5	15
<i>Carapa guianensis</i>	3	4	-	2	-	4	13
<i>Cariniana legalis</i>	-	-	-	1	-	-	1
<i>Copaifera langsdorffii</i>	-	1	-	1	-	-	2
<i>Cordia goeldiana</i>	3	3	-	-	-	3	9
<i>Cordia trichotoma</i>	1	-	-	-	-	1	2
<i>Dipteryx odorata</i>	1	2	-	1	-	1	5
<i>Handroanthus serratifolius</i>	4	1	2	1	-	2	10
<i>Hymenaea courbaril</i>	5	3	1	1	1	4	15
<i>Jacaranda copaia</i>	2	3	-	1	-	3	9
<i>Lecythis Pisonis</i>	1	-	1	2	-	-	4
<i>Manilkara longifolia</i>	1	2	-	3	-	1	7
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2	-	2	1	1	-	6
<i>Plathyenia reticulata</i>	-	-	-	-	1	-	1
<i>Schefflera morototoni</i>	1	2	-	1	2	2	8
<i>Schizolobium parahyba var. amazonicum</i>	2	2	-	2	2	3	11
<i>Schizolobium parahyba</i>	-	-	-	1	-	-	1
<i>Simarouba amara</i>	1	-	-	1	1	1	4
<i>Swietenia macrophylla</i>	3	3	-	-	-	3	9
<i>Tachigali vulgaris</i>	3	4	-	1	-	4	12
<i>Terminalia argentea</i>	1	1	-	-	1	1	4
<i>Viola surinamensis</i>	1	1	-	-	-	-	2
<i>Vochysia maxima</i>	2	1	-	-	-	2	5
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1	-	1	1	-	-	3
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>39</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>41</b>	<b>170</b>

Nota: - indica que não foram encontradas citações; Eq\_Hypso = Equação Hipsométrica; Eq\_Volume = Equação Volumétrica; Eq\_Biomass = Equação de Biomassa; FForm = Fator Forma.



## ANEXO D. ASSOCIAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE MICROORGANISMOS E ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

Tabela D1 | Espécies que apresentam nodulação por rizóbio e/ou associação com micorrizas

ESPÉCIE	NODULAÇÃO RIZÓBIO	MICORRIZAÇÃO
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i>	X	X
<i>Araucaria angustifolia</i>		X
<i>Aspidosperma album</i>		
<i>Astronium graveolens</i>		X
<i>Bagassa guianensis</i>		
<i>Balfourodendron riedelianum</i>		
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>		
<i>Bertholletia excelsa</i>		
<i>Calophyllum brasiliense</i>		X
<i>Carapa guianensis</i>		X
<i>Cariniana legalis</i>		X
<i>Cedrela fissilis</i>		X
<i>Ceiba pentandra</i>		X
<i>Copaifera langsdorffii</i>		X
<i>Cordia goeldiana</i>		X
<i>Cordia trichotoma</i>		X
<i>Couma utilis</i>		
<i>Dalbergia nigra</i>	X	X
<i>Dipteryx alata</i>		X
<i>Dipteryx odorata</i>		X
<i>Enterolobium maximum</i>	X	
<i>Handroanthus serratifolius</i>		X
<i>Hymenaea courbaril</i>		X
<i>Jacaranda copaia</i>		X
<i>Joannesia princeps</i>		X
<i>Lecythis pisonis</i>		X
<i>Manilkara longifolia</i>		
<i>Myracrodruon urundeuva</i>		X
<i>Myrocarpus frondosus</i>		
<i>Parkia gigantocarpa</i>		
<i>Paubrasilia echinata</i>		
<i>Peltophorum dubium</i>		X
<i>Plathymenia reticulata</i>	X	X
<i>Schefflera morototoni</i>		X
<i>Schizolobium parahyba</i>		X
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>		X
<i>Simarouba amara</i>		X
<i>Swietenia macrophylla</i>		X
<i>Tachigali vulgaris</i>	X	X
<i>Terminalia argentea</i>		
<i>Terminalia mameluco</i>		
<i>Vataireopsis speciosa</i>		
<i>Virola surinamensis</i>		X
<i>Vochysia maxima</i>		X
<i>Zeyheria tuberculosa</i>		X

## ANEXO E. INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE P&D

As tabelas a seguir detalham os investimentos necessários para implementar uma Plataforma de P&D em silvicultura de espécies arbóreas nativas no Cenário I. M = Bolsas de mestrado e D = Bolsas de doutorado.

Tabela E1 | **Tecnologia e produção de sementes**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Marcação de matrizes e colheita de 30 espécies	255.000,00
Estudos de fenologia e biologia reprodutiva (com subsídios de 20M e 10D, 5 a 15 anos)	1.776.000,00
Reforma de 2 laboratórios existentes e melhoria de equipamentos	400.000,00
Compra de equipamentos, materiais e produtos químicos para 2 laboratórios	150.000,00
Análise e controle de qualidade de sementes de 30 espécies (15.000 sementes)	363.000,00
Processos de certificação e treinamento de acordo com a legislação para treinar multiplicadores em todos os biomas	350.000,00
Estabelecimento de infraestrutura e compra de materiais para melhoria, secagem e condicionamento de sementes	140.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	300.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>3.734.000,00</b>

Tabela E2 | **Melhoramento genético**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Marcação de matrizes (30 espécies) (1 a 3 anos)	255.000,00
Implementação de 300 ha (1 a 3 anos) (30 ha por local)	3.000.000,00
Manutenção por 20 anos	6.000.000,00
Materiais permanentes e Consumo (2 laboratórios) (1 a 3 anos)	562.000,00
Seleção dos melhores materiais (com subsídios de 20M e 10D, 5 a 20 anos)	1.776.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	300.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>11.893.000,00</b>

Tabela E3 | **Tecnologia madeireira**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Renovação de 2 laboratórios (Anatomia da Madeira, Processamento, Energia e Química) (1 a 3 anos)	400.000,00
Equipamento mínimo (1 a 3 anos)	296.000,00
Coleta e análise da qualidade da madeira em plantações e experimentos (com subsídios de 20M e 10D, 1 a 20 anos)	1.776.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	180.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>2.652.000,00</b>

Tabela E4 | **Zoneamento topoclimático de 30 espécies nativas**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Material de consumo	60.000,00
Material permanente	40.000,00
Coleta e análise de dados (com subsídios de 4M, 1 a 2 anos)	144.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	16.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>260.000,00</b>

Tabela E5 | **Manejo de espécies nativas em sistemas florestais mistos (consórcio)**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Implantação de 200 ha (1 a 3 anos, 20 ha por local)	2.000.000,00
Manutenção por 20 anos	4.000.000,00
Material permanente (2 labs) (1 a 3 anos)	100.000,00
Material consumível (10 anos, 2 labs)	76.000,00
Coleta e análise de dados em experimentos (com subsídios de 20M e 10D,5 a 20 anos)	1.776.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	300.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>8.252.000,00</b>

Tabela E6 | **Avaliação de mercados para produtos de madeira de espécies nativas**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Coleta e análise de dados	150.000,00
Desenvolvimento de protótipos de produtos	50.000,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	50.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>250.000,00</b>

Tabela E7 | **Propagação vegetativa de espécies nativas**

INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS	CUSTO(BRL)
Material consumível e permanente (2 laboratórios)	150.000,00
Coleta de dados e experimentos (com subsídios de 12M e 3D, 1 a 10 anos)	748.800,00
Viagens de campo (acomodação e refeições)	42.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>940.800,00</b>

## AGRADECIMENTOS

Temos o prazer de agradecer aos nossos parceiros estratégicos institucionais pelo financiamento principalmente ao WRI, Ministério das Relações Exteriores da Holanda, Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca Real e Agência Sueca de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento.

Os autores gostariam de reconhecer a liderança e visão da Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura por fazer da implementação de uma Plataforma de P&D em silvicultura de espécies nativas uma de suas ações prioritárias. Um agradecimento especial aos membros do Comitê Científico e a Roberto Waack e José Luciano Penido por seu inestimável apoio e entusiasmo durante este projeto.

Os autores também gostariam de reconhecer as valiosas contribuições dos seguintes especialistas e revisores deste Working Paper: Claudio R. Pontes (WRI Brasil), Emily Matthews (WRI), Jeronimo Sansevero (UFRRJ), Luiz Fernando Duarte de Moraes (Embrapa Agrobiology), Rachel Biderman (WRI Brasil), Rafael Feltran-Barbieri (WRI Brasil), Rene Zamora Cristales (WRI), Ricardo Viani (UFSCar Araras), Tarangini Saxena (WRI), e Viviane Romeiro (WRI Brasil).

Também agradecemos a todos que contribuíram no apoio, na organização e realização do workshop, especialmente Rafael Ferreira Costa, do ICMBio-FLONA Ipanema, e colegas da UFSCar Sorocaba - Adriel Vaz, Caroline Isaac Ferreira Zuim, Daniel Oliver Franco, Danilo Costa Ribeiro, Ivonir Piotrowski Santos, Daniel Oliver Franco, Jaqueline Almeida, Katherine Demetrius, Larissa Rocha, Lucas Fiorelli, Marcos Santos, Mariane Coletto, Tamiris Oliveira, Thais Ghiotto e Vanessa Ribeiro.

A publicação foi aprimorada pela cuidadosa revisão, dedicação e comprometimento de Maria Leonor Lopes Assad.

O WRI agradece o generoso apoio financeiro do Banco Mundial - PROFOR e Good Energies Foundation. Os resultados, interpretações e conclusões expressas neste trabalho não refletem necessariamente as opiniões do Banco Mundial.

## SOBRE OS AUTORES

**Samir Gonçalves Rolim** é engenheiro agrônomo, doutor em Recursos Florestais e gerente de restauração florestal na Amplo Engenharia, Brasil. Contato: sgrolim@gmail.com

**Fátima C. M. Piña-Rodrigues** é engenheira florestal, doutora em Ecologia e professora da Universidade Federal de São Carlos, Brasil. Contato: fpina@ufscar.br

**Daniel Piotto** é engenheiro florestal, PhD em Estudos Florestais e Ambientais e professor da Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil. Contato: daniel.piotto@ufsb.edu.br

**Alan Batista** é engenheiro florestal, mestre em Ciências e Economia Florestal, CFA charterholder e Especialista em Investimentos no WRI Brasil. Contato: alan.batista@wri.org

**Silvio Brienza Junior** é engenheiro florestal, doutor em Agricultura Tropical e pesquisador na Embrapa Amazônia Oriental, Brasil. Contato: silvio.brienza@embrapa.br

**Miguel Luiz Menezes Freitas** é engenheiro agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas e pesquisador no Instituto Florestal de São Paulo, Brasil. Contato: miguelmfreitas@yahoo.com.br

**Maria José Brito Zakia** é engenheira florestal, doutora em Ciências da Engenharia Ambiental e consultora em Recursos Renováveis e Meio Ambiente. Contato: zeze.zakia@uol.com.br

**Miguel Calmon** é engenheiro agrônomo, doutor em Ciência do Solo e diretor do Programa Florestal do WRI Brasil. Contato: miguel.calmon@wri.org

## SOBRE O WRI BRASIL

O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para proteger o meio ambiente e promover a prosperidade do Brasil de maneira inclusiva e sustentável. O instituto foca na pesquisa e aplicação de soluções sustentáveis orientadas para o clima, florestas e cidades. O WRI Brasil combina excelência técnica com articulação política e trabalha em estreita colaboração com governos, empresas privadas, universidades e sociedade civil. O WRI Brasil faz parte do World Resources Institute (WRI), uma organização global de pesquisa cujo trabalho se estende a mais de 50 países. O WRI abrange o trabalho de quase 700 profissionais em escritórios no Brasil, China, Estados Unidos, México, Índia, Indonésia, Europa, Turquia e África.