Nº 01 | NOVEMBRO | 2026

[PERSPECTIVA]

Policy Brief

Por meio do Perspectiva, o Imaflora apresenta dados, informações e conhecimento sobre temas socioambientais estratégicos para subsidiar tomadas de decisões.

NOVE ANOS OU TRÊS DÉCADAS: PERSPECTIVAS ACERCA DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO DO CARBONO E AS REGRAS PARA MANEJO FLORESTAL

Autores: Rennan Pantoja; Elias Serejo; Tayane Carvalho; Alessandro Rodrigues; Jonathan William Trautenmüller; Edson Vidal; André Chaves.

Mensagens-chave

O manejo de impacto reduzido compensou as perdas de carbono da exploração em cerca de nove anos, enquanto a exploração convencional demandaria aproximadamente 32 anos para alcançar o mesmo resultado. A recuperação sob manejo de impacto reduzido foi cerca de 3,6 vezes mais rápida.

A diferença não pode ser explicada apenas pela intensidade de corte. Os volumes médios derrubados foram semelhantes: 38,9 m³/ha no manejo de impacto reduzido e 37,4 m³/ha na exploração convencional, mas a operação com impacto reduzido abandonou apenas 1% do volume do fuste após a derrubada, contra 26% na exploração convencional.

O estudo mostra que a recuperação do carbono depende da interação entre três componentes: crescimento das árvores sobreviventes, ingresso de novas árvores e mortalidade. Essa decomposição permite transformar um resultado climático agregado em indicadores práticos para o monitoramento e o licenciamento.

A recuperação do carbono não autoriza, por si só, um novo ciclo de corte. Nove anos indicam a compensação estimada das perdas de carbono, não a recomposição do estoque comercial, da composição de espécies, da estrutura diamétrica ou da capacidade produtiva da floresta.

Políticas de REDD+, pagamento por serviços ambientais e *Improved Forest Management* podem se beneficiar dessas evidências, desde que usem linhas de base, adicionalidade, permanência,

monitoramento, salvaguardas e verificação independente. O estudo demonstra potencial biofísico, mas não substitui o desenho institucional necessário para pagamentos ou créditos de carbono.

1. O que este estudo acrescenta à série de evidências

O primeiro policy brief desta série mostrou que o manejo de impacto reduzido pode apresentar melhor desempenho em saldo de biomassa e estoque florestal ao longo de três décadas. Este segundo estudo aprofunda uma pergunta complementar, decisiva para reguladores, gestores públicos, investidores e formuladores de instrumentos climáticos: quanto tempo a floresta leva para recuperar o carbono perdido após a exploração madeireira?

A resposta é relevante porque o debate sobre manejo florestal costuma se apoiar em três parâmetros: volume autorizado, intensidade de corte e duração do ciclo. Esses critérios continuam necessários, mas o estudo mostra que são insuficientes quando avaliados isoladamente. Duas áreas submetidas a volumes médios de derrubada muito próximos podem ter trajetórias de recuperação profundamente diferentes, dependendo da qualidade do planejamento, da execução, da proteção das árvores remanescentes e da redução de danos.

A contribuição central do artigo é demonstrar que o manejo de impacto reduzido não apenas conserva mais estrutura florestal depois da colheita, mas também encurta o tempo necessário para que o carbono perdido seja compensado. Essa informação deve influenciar as regras de licenciamento, o acompanhamento pós-exploração, o debate sobre segundo ciclo e o desenho de políticas de incentivo climático.

2. A evidência central: recuperar carbono em nove anos não é o mesmo que repetir a colheita

O estudo avaliou 30 anos de dinâmica florestal, entre 1994 e 2023, em 73,5 hectares de parcelas permanentes distribuídas entre três tratamentos: floresta não explorada, manejo de impacto reduzido e exploração convencional. O experimento completo compreendia 210 hectares, sendo 105 hectares sob manejo de impacto reduzido, 75 hectares sob exploração convencional e 30 hectares de área-controle.

Os resultados indicam que o manejo de impacto reduzido compensou as perdas de carbono provocadas pela extração em cerca de nove anos, com intervalo estimado de 7,3 a 10,2 anos. Na exploração convencional, a recuperação foi estimada em aproximadamente 32 anos, com intervalo muito mais amplo, entre 20,43 e 63,55 anos. A amplitude desse intervalo indica que a recuperação sob práticas convencionais, além de mais lenta, é mais incerta.

Esse achado deve ser lido com precisão. A recuperação do carbono perdido pela colheita não significa que a floresta recuperou o mesmo estoque comercial, a mesma composição de espécies ou a

mesma estrutura produtiva necessária para uma nova exploração. O artigo é forte para mostrar que o manejo de impacto reduzido acelera a recomposição de carbono; ele não deve ser usado para defender uma redução automática do ciclo de corte.

A implicação para políticas públicas é direta: o tempo legal deve funcionar como condição mínima, mas a autorização de um novo ciclo precisa depender de diagnóstico técnico sobre estoque comercial, área basal, estrutura diamétrica, recrutamento, mortalidade, biomassa, carbono e integridade das árvores remanescentes.

3. A técnica importa porque muda a floresta que permanece em pé

O dado mais útil para a incidência regulatória está na comparação entre intensidade semelhante e resultado distinto. O estudo mostra que os volumes médios derrubados foram similares, 38,9 m³/ha no manejo de impacto reduzido e 37,4 m³/ha na exploração convencional. No entanto, o volume efetivamente colhido em 1993 foi de 38,6 m³/ha no manejo de impacto reduzido e 29,7 m³/ha na exploração convencional.

A diferença operacional é demonstrada no desperdício pós-derrubada: apenas 1% do volume do fuste foi abandonado no manejo de impacto reduzido, contra 26% na exploração convencional. Além disso, foram retiradas aproximadamente 5 árvores por hectare no manejo de impacto reduzido e 6 árvores por hectare no sistema convencional, com área basal extraída muito próxima entre os tratamentos.

Esses dados mostram que a qualidade do manejo não é um detalhe operacional. Ela determina quantas árvores remanescentes continuam crescendo, quantos danos são evitados, quanto carbono permanece na floresta e quanto tempo será necessário para compensar as perdas da colheita.

Entre as práticas associadas ao manejo de impacto reduzido estavam planejamento prévio de estradas, trilhas de arraste e pátios, derrubada direcionada por trabalhadores treinados, minimização da abertura de vias, corte antecipado de cipós e redução de conexões entre copas. A análise indica que essas ações preservaram mais árvores remanescentes, reduziram danos e mantiveram maior capacidade de crescimento da floresta.

4. O que explica a recuperação: árvores sobreviventes, recrutamento e mortalidade

Uma contribuição importante do estudo é separar os componentes da dinâmica florestal que explicam a recuperação do carbono. Em vez de olhar apenas para o estoque total, a pesquisa modelou o crescimento das árvores sobreviventes, o recrutamento de novos indivíduos e as perdas por mortalidade. O artigo original informa que esses componentes foram integrados para estimar o crescimento líquido de carbono e o efeito dos tratamentos sobre a mudança nos estoques.

O crescimento líquido médio foi estimado em 1,67 Mg C/ha/ano no manejo de impacto reduzido, contra 0,55 Mg C/ha/ano na exploração convencional. Após 30 anos, o estoque de carbono nas árvores sobreviventes chegou a 105,74 Mg C/ha na área manejada com impacto reduzido, enquanto a exploração convencional alcançou 80,12 Mg C/ha

e a floresta-controle apresentou 87,55 Mg C/ha. O estoque das árvores sobreviventes no manejo de impacto reduzido foi cerca de 32% superior ao registrado na área convencional ao final dos 30 anos.

O recrutamento também foi superior no manejo de impacto reduzido. Aos 30 anos, o ingresso de carbono por novas árvores chegou a 1,48 Mg C/ha/ano, contra 1,17 Mg C/ha/ano na exploração convencional e 0,98 Mg C/ha/ano na área-controle. Já a mortalidade inicial foi cerca de 14% menor no manejo de impacto reduzido, contribuindo para preservar a estrutura residual e acelerar a recuperação.

Essa decomposição é valiosa para a política pública porque traduz "recuperação de carbono" em variáveis monitoráveis: danos às árvores remanescentes, mortalidade nos primeiros anos, manutenção de árvores de grande porte, recrutamento, integridade da estrutura residual e abertura efetiva de estradas, trilhas e pátios.

5. Implicação regulatória: o licenciamento precisa se tornar adaptativo

A legislação brasileira estabelece parâmetros de manejo, como diâmetro mínimo de corte e ciclos de corte, com variação conforme intensidade de exploração. O artigo menciona que a Instrução Normativa nº 5, de 2006, define diâmetro mínimo de 50 cm e ciclos de 25 a 35 anos em regimes de alta intensidade, além de pelo menos 10 anos em regimes de baixa intensidade. Também registra que a Instrução Normativa nº 28, de 2024 (e suas alterações), estabeleceu diretrizes específicas para espécies comerciais listadas no Apêndice II da CITES, com recomendações mais restritivas para gêneros como *Handroanthus, Tabebuia, Dipteryx* e *Cedrela*.

A principal contribuição do estudo não é propor um novo prazo fixo para todos os casos. A contribuição é demonstrar que prazos legais precisam ser combinados com indicadores de recuperação efetiva. Um calendário rígido não captura diferenças entre áreas que sofreram mais danos, áreas que perderam mais árvores remanescentes, áreas que tiveram mortalidade anormal ou áreas onde eventos climáticos extremos alteraram a trajetória esperada de recuperação.

A política florestal pode evoluir para um modelo de licenciamento adaptativo, no qual o segundo ciclo seja autorizado apenas após avaliação da condição real da floresta. Esse modelo deve combinar inventário florestal, parcelas permanentes, indicadores de dinâmica pós-exploração, análise de danos e reavaliação depois de secas severas, incêndios ou mortalidade acima do esperado.

6. Carbono como oportunidade, com cautela institucional

O estudo também projeta implicações para políticas de pagamento por serviços ambientais, REDD+ e *Improved Forest Management*. Segundo a análise, em 30 anos, o manejo de impacto reduzido poderia acumular aproximadamente 192 toneladas de CO_2 por hectare, enquanto a exploração convencional acumularia cerca de 84 toneladas de CO_2 por hectare no mesmo período. A diferença estimada é de aproximadamente 130% em favor do manejo de impacto reduzido.

Em exercício de extrapolação para cerca de 56 milhões de hectares de florestas públicas não destinadas, os autores estimam um potencial de 10,75 bilhões de toneladas de CO_2 sob manejo de impacto reduzido, contra 4,70 bilhões de toneladas sob exploração convencional. Essa estimativa

deve ser comunicada com cautela: trata-se de extrapolação de resultados locais para uma área ampla e heterogênea, não de projeção operacional pronta para metas oficiais.

O mesmo cuidado vale para as estimativas econômicas. Considerando um preço ilustrativo de US$ 5 por tonelada de CO_2, o crescimento líquido sob manejo de impacto reduzido poderia representar receita bruta potencial de US$ 41,74 por hectare no primeiro ano, valor 69% superior ao estimado para a exploração convencional. Ao longo de 50 anos, a receita bruta acumulada poderia chegar a US$ 1.069,10 por hectare no manejo de impacto reduzido, contra US$ 354,63 por hectare na exploração convencional. Mas esses valores excluem custos de manejo, certificação, monitoramento, validação, verificação, comercialização e transação, portanto não representam receita líquida nem comprovam, isoladamente, a viabilidade de um projeto de carbono.

A mensagem institucional deve ser equilibrada: há potencial climático e econômico associado à melhoria do manejo, mas ele só se torna política pública ou instrumento de mercado quando houver metodologia robusta, adicionalidade clara, permanência, monitoramento, salvaguardas, repartição de benefícios e verificação independente.

7. Limites da evidência e cuidado na aplicação

O estudo tem grande valor para orientar diretrizes regulatórias, mas não deve ser convertido automaticamente em regra universal. A pesquisa foi conduzida em uma área de Paragominas-PA, com tratamentos em parcelas próximas e condições relativamente homogêneas. A própria análise registra uma limitação de desenho experimental: não houve repetição espacial independente dos tratamentos, o que restringe comparações estatísticas convencionais.

Ainda assim, o artigo original informa que avaliações anteriores compararam características pré-colheita, análises geoestatísticas de biomassa acima do solo e taxas de crescimento pós-exploração, sem encontrar diferenças iniciais significativas que pudessem enviesar os efeitos dos tratamentos.

A leitura mais sólida é tratar os resultados como base para padrões mínimos, pilotos regulatórios, protocolos de monitoramento e hipóteses de política pública a serem testadas em diferentes tipologias florestais, regiões, intensidades de exploração e históricos de uso.

8. Recomendações para políticas públicas e instrumentos privados

A) Incorporar o horizonte de recuperação do carbono ao licenciamento florestal

Órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento e monitoramento do manejo deveriam incorporar o tempo estimado de recuperação do carbono como indicador complementar de desempenho. Esse indicador não substituiria o ciclo legal de corte, mas ajudaria a avaliar se a floresta está se recompondo dentro de uma trajetória compatível com a sustentabilidade produtiva e a integridade climática.

Instrumentos possíveis: normas estaduais de manejo, termos de referência para planos de manejo, relatórios pós-exploração, critérios de renovação de planos e auditorias independentes.

B) Exigir evidências verificáveis da qualidade operacional

Planos de manejo não deveriam apenas declarar a adoção de técnicas de impacto reduzido. A regulação pode exigir evidências de planejamento de estradas, trilhas e pátios, derrubada direcionada, treinamento de equipes, corte de cipós quando aplicável, minimização de danos às árvores remanescentes e controle de madeira abandonada.

Instrumentos possíveis: checklists de campo, relatórios fotográficos e georreferenciados, auditoria operacional, indicadores de desperdício e verificação independente.

C) Monitorar árvores sobreviventes, recrutamento e mortalidade no pós-exploração

O acompanhamento pós-colheita deve observar os componentes que explicam a recuperação: crescimento das árvores remanescentes, ingresso de novas árvores e perdas por mortalidade. Esse monitoramento permite identificar se a floresta está se recuperando de forma consistente ou se há sinais de degradação, mortalidade excessiva ou baixo recrutamento.

Instrumentos possíveis: parcelas permanentes, inventários periódicos, protocolos simplificados para pequenos e médios manejadores e sistemas digitais de acompanhamento.

D) Tratar o ciclo legal como condição mínima, não como autorização automática

A autorização de segundo ciclo não deve depender apenas do prazo decorrido. Mesmo que a floresta recupere carbono em período menor, a decisão deve considerar estoque de espécies comerciais, estrutura diamétrica, área basal, recrutamento, biomassa, mortalidade, danos acumulados e viabilidade econômica da nova colheita.

Instrumentos possíveis: protocolos de avaliação de segundo ciclo, critérios de elegibilidade, condicionantes de licenciamento e revisão técnica antes da autorização.

E) Adotar licenciamento adaptativo após eventos climáticos extremos

Secas severas, incêndios, ventos fortes e mortalidade anormal podem alterar a trajetória de recuperação da floresta. Áreas atingidas por eventos climáticos extremos não deveriam seguir automaticamente o mesmo calendário previsto originalmente. A autorização de novo ciclo deve exigir reavaliação do estoque e da dinâmica florestal.

Instrumentos possíveis: gatilhos de reavaliação, suspensão preventiva de novas colheitas em áreas impactadas, revisão de cronograma e uso combinado de campo e sensoriamento remoto.

F) Desenhar incentivos climáticos com integridade

Programas de PSA, REDD+ e *Improved Forest Management* podem reconhecer benefícios do manejo de impacto reduzido, desde que incluam adicionalidade, linha de base, permanência, risco de reversão, custos de monitoramento, verificação independente e salvaguardas socioambientais.

Instrumentos possíveis: programas públicos de PSA, fundos climáticos, contratos de concessão com metas de carbono, crédito rural condicionado a desempenho e compras responsáveis de madeira legal.

G) Testar protocolos em concessões e áreas produtivas monitoradas

A aplicação mais segura das evidências está em áreas onde o manejo já é legalmente permitido e onde há possibilidade de monitoramento robusto. Concessões florestais, áreas produtivas com inventários consolidados e projetos-piloto estaduais podem servir como laboratórios regulatórios antes

da adoção de parâmetros nacionais.

Instrumentos possíveis: projetos-piloto, cláusulas contratuais de desempenho, monitoramento independente e avaliação periódica de resultados.

9. Conclusão

Este estudo reforça, com uma nova camada de evidência, a tese central da série: o futuro do manejo florestal na Amazônia depende de medir a qualidade da floresta que permanece, não apenas o volume que sai. A inovação deste artigo está em mostrar que a qualidade operacional reduz drasticamente o tempo de recuperação do carbono, ao preservar árvores sobreviventes, favorecer recrutamento e reduzir mortalidade inicial.

Para a política pública, a principal decisão não é reduzir ciclos de corte com base em uma estimativa de nove anos. A decisão mais robusta é construir um sistema de licenciamento e incentivo capaz de verificar se a floresta, em cada área, recuperou sua condição ecológica, produtiva e climática para seguir manejada.

O manejo de impacto reduzido deve ser reconhecido como estratégia relevante para reduzir o débito de carbono da exploração madeireira, mas esse reconhecimento precisa vir acompanhado de monitoramento, salvaguardas, verificação e indicadores de desempenho. Onde a exploração madeireira for legalmente permitida, o objetivo regulatório deve ser claro: transformar boas práticas operacionais em obrigação verificável, incentivo econômico e condição para o próximo ciclo.

Referência essencial

Braga, Nathalia Sousa; Trautenmüller, Jonathan William; Vidal, Edson. *Reduced-impact logging shortens carbon recovery time in eastern Amazonian forests.* Journal of Environmental Management, 410, 129952, 2026.

Sobre o Projeto

Desenvolvido pelo Imaflora, em parceria com o Laboratório de Silvicultura Tropical (Lastrop/Esalq-USP) e o Instituto Floresta Tropical (IFT), o projeto investiga o potencial produtivo e a conservação de florestas amazônicas após o primeiro ciclo de exploração madeireira. Por meio de pesquisas de campo e análises ecológicas, técnicas e econômicas em áreas do Amazonas, Pará e Roraima, busca produzir evidências sobre estoques de madeira, dinâmica florestal e viabilidade do segundo ciclo de manejo. Os resultados contribuem para aprimorar práticas, subsidiar políticas públicas e valorizar espécies madeireiras no mercado, fortalecendo a conservação e o uso sustentável das florestas.

Agradecimentos

Esta publicação é resultado de um esforço coletivo de pesquisa, cooperação institucional e produção de conhecimento sobre o manejo florestal sustentável na Amazônia.

O Imaflora, o Laboratório de Silvicultura Tropical (Lastrop/Esalq-USP) e o Instituto Floresta Tropical (IFT) agradecem à Fazenda Agrossete e à Fazenda Cauaxi, ambas em Paragominas (PA); à Mil Madeireira Ltda., em Itacoatiara (AM); e à empresa Vale Verde, em Roraima, pela colaboração e pelo apoio às atividades de pesquisa em campo.

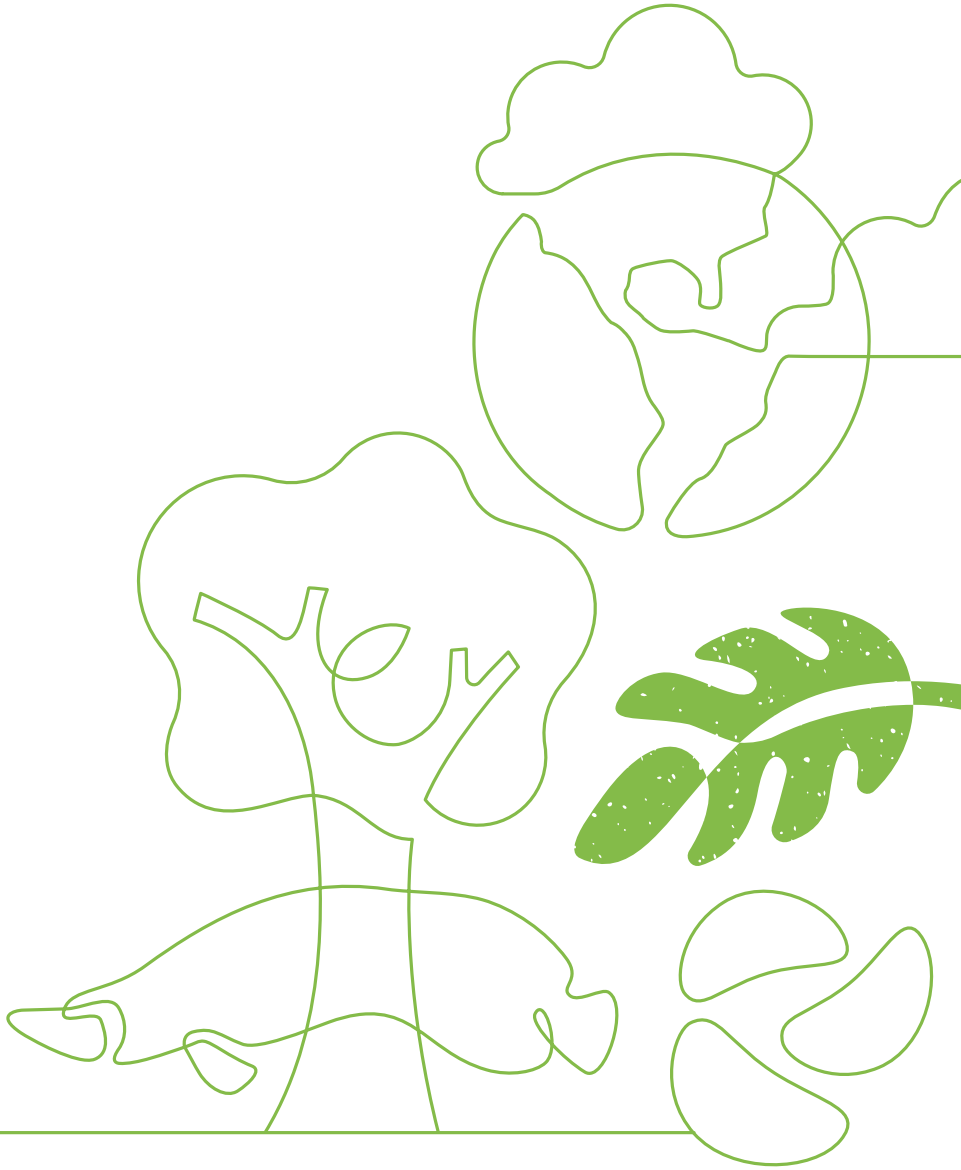
Expressamos nosso reconhecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Precious Forests Foundation (PFF) pelo apoio à produção de conhecimento científico.

Agradecemos também aos pesquisadores, técnicos, profissionais florestais, equipes de campo e demais colaboradores que contribuíram para a coleta e análise dos dados, o intercâmbio de conhecimentos e a construção dos resultados apresentados nesta publicação.

O Imaflora

Desde 1995, atua na promoção do uso sustentável e inclusivo dos recursos naturais. Suas ações conciliam conservação ambiental, desenvolvimento econômico e enfrentamento da crise climática. Com um vasto repertório de conhecimentos sobre produção florestal e agropecuária, sociobiodiversidade, uso da terra e mudanças climáticas, conquistou credibilidade técnica para dialogar com diferentes setores da sociedade, articulando convergências multissetoriais e fomentando cadeias florestal e agropecuária responsáveis, de baixas emissões e comprometidas com a sociobiodiversidade. Tudo em busca de soluções que gerem real impacto positivo na vida das pessoas que movem a economia conservando o meio ambiente (www.imaflora.org).

Copyright© 2026 Imaflora®
Para democratizar ainda mais a difusão dos conteúdos publicados no Imaflora, as publicações estão sob a licença da Creative Commons (www.creativecommons.org.br) que permite o seu livre uso e compartilhamento.



imaflora®

instagram.com/imaflorabrasil
imaflora.org/noticias
facebook.com/imaflora
twitter.com/imaflora
linkedin.com/in/imaflora
youtube.com/imaflora

+55 19 3429 0800
imaflora@imaflora.org
www.imaflora.org

Apoio: