TimberFlow





[B.T.I.] Boletim Técnico do Imaflora

N. 21. Ano - 2026

imaflora®

BIOMASSA, CARBONO E MANEJO FLORESTAL: O QUE 30 ANOS DE MANEJO FLORESTAL EM ÁREA EM PARAGOMINAS MOSTRAM SOBRE A DIFERENÇA ENTRE EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO E MODELO CONVENCIONAL [1]

Autores: Rennan Pantoja, Elias Serejo, Tayane Carvalho, Alessandro Domingues da Silva, Edson Vidal, Jonathan William Trautenmüller, Nathalia Sousa Braga, Daigard Ricardo Ortega Rodriguez, Vitoria Duarte Derisso, Rodrigo Costa Pinto, Jéssy Anni Vilhena Senado.

RESUMO TÉCNICO

Este boletim analisa os principais resultados do artigo *Impact of different management practices on tree biomass and carbon dynamics 30 years after logging in eastern Amazon*, de Edson Vidal, Nathalia Sousa Braga, Daigard Ricardo Ortega Rodriguez, Vitoria Duarte Derisso, Rodrigo Costa Pinto, Jéssy Anni Vilhena Senado e Jonathan William Trautenmüller. O estudo, desenvolvido pelo Imaflora, em parceria com LASTROP Esalq/UspSP e IFT, avaliou a dinâmica da biomassa acima do solo e do carbono em uma área experimental de manejo florestal na Fazenda Agrossette, em Paragominas, no Pará, ao longo de 30 anos, entre 1993 e 2023.

O resultado central é que, três décadas após a exploração, a floresta manejada com técnicas de impacto reduzido recuperou a biomassa retirada e terminou o primeiro ciclo com saldo positivo de 70,68 Mg por hectare em relação ao estoque inicial. Na área explorada de forma convencional, o saldo permaneceu negativo em 11,35 Mg por hectare, indicando que 30 anos não foram suficientes para recompor integralmente a biomassa anterior à colheita.

Para o Imaflora e para a agenda *Timberflow*, o estudo reforça uma leitura técnica importante: o ciclo de corte, isoladamente, não garante recuperação florestal. A qualidade da operação, os danos evitados, a condição das árvores remanescentes e a trajetória da biomassa após a colheita são variáveis decisivas para avaliar sustentabilidade, carbono e possibilidade de segundo ciclo.

[1] Estudo de longo prazo na Amazônia oriental indica que o manejo de impacto reduzido superou o estoque inicial de biomassa após três décadas, enquanto a exploração convencional permaneceu abaixo do patamar pré-colheita.





[B.T.I.] Boletim Técnico do Imaflora

imaflora

1. REFLEXÕES PARA O SETOR FLORESTAL E IMPLICAÇÕES TÉCNICAS PARA O MERCADO

O debate sobre madeira nativa amazônica costuma se concentrar em origem, legalidade, volume autorizado, transporte, comercialização e rastreabilidade. Esses elementos seguem essenciais para a governança da cadeia. No entanto, a sustentabilidade da produção também depende de uma pergunta ecológica de fundo: o que acontece com a floresta depois da colheita?

O estudo analisado contribui diretamente para essa pergunta. Ao acompanhar uma mesma área por 30 anos, ele permite observar como diferentes práticas de manejo influenciam a recuperação da biomassa, o estoque de carbono e a estrutura florestal ao final de um ciclo compatível com os prazos normalmente usados na regulação do manejo de maior intensidade.

A relevância para o Timberflow está na possibilidade de aproximar a leitura da cadeia da madeira de uma dimensão ainda pouco visível nos fluxos comerciais: a qualidade da floresta remanescente. Em outras palavras, não basta saber se a madeira transitou formalmente por sistemas de controle. É necessário compreender se o manejo que originou essa madeira mantém a floresta em

2. BASE DO ESTUDO

O experimento foi instalado em uma área de 210 hectares na Fazenda Agrossette, em Paragominas, no Pará. Foram avaliados três tratamentos: manejo de impacto reduzido, exploração convencional e floresta-controle sem exploração. Cada tratamento foi acompanhado em uma parcela permanente de 350 x 700 metros, equivalente a 24,5 hectares, totalizando 73,5 hectares avaliados.

A pesquisa realizou 12 medições florestais ao longo de 30 anos, entre 1993 e 2023. A análise considerou a biomassa da floresta como um todo e também por grupos de espécies, incluindo espécies exploradas, espécies com potencial de exploração e espécies sem valor madeireiro.

O artigo publicado informa que os diâmetros das árvores foram medidos ao longo do período em dois sistemas seletivos de manejo: manejo de impacto reduzido e exploração convencional, além de uma área-controle. Também indica que o modelo de Gompertz foi ajustado para avaliar a dinâmica dos estoques de biomassa nos tratamentos.

3. O PRINCIPAL RESULTADO: A TRAJETÓRIA DA FLORESTA MUDA CONFORME A PRÁTICA DE MANEJO

Antes da exploração, os estoques de biomassa eram relativamente próximos entre os tratamentos: 184,43 Mg por hectare no manejo de impacto reduzido, 190,65 Mg por hectare na exploração convencional e 174,64 Mg por hectare na área-controle. Durante a colheita, porém, a biomassa removida foi muito diferente: 29,36 Mg por hectare no manejo de impacto reduzido e 52,95 Mg por hectare na exploração convencional. A exploração convencional removeu aproximadamente 80% mais biomassa que o manejo de impacto reduzido.

Após 30 anos, o estoque de biomassa chegou a 255,11 Mg por hectare na área de manejo de impacto reduzido, 179,31 Mg por hectare na exploração convencional e 174,76 Mg por hectare na área-controle. Isso significa que a área manejada com impacto reduzido apresentou 75,80 Mg por hectare a mais que a exploração convencional e 80,35 Mg por hectare a mais que a área-controle.

O saldo final sintetiza a diferença entre os sistemas. O manejo de impacto reduzido terminou o período com ganho de 70,68 Mg por hectare em relação ao estoque inicial. A exploração convencional permaneceu com saldo negativo de 11,35 Mg por hectare. A área-controle teve variação de apenas 0,12 Mg por hectare, o que indica estabilidade no período analisado.

Quadro 1. Biomassa antes e depois da exploração.

Indicador	Manejo de impacto reduzido	Exploração convencional	Área-controle
Estoque inicial de biomassa	184,43 Mg/ha	190,65 Mg/ha	174,64 Mg/ha
Biomassa removida na colheita	29,36 Mg/ha	52,95 Mg/ha	Não se aplica
Estoque após 30 anos	255,11 Mg/ha	179,31 Mg/ha	174,76 Mg/ha
Saldo após 30 anos	+70,68 Mg/ha	-11,35 Mg/ha	+0,12 Mg/ha

Fonte: análise do artigo Impact of different management practices on tree biomass and carbon dynamics 30 years after logging in eastern Amazon.

4. O QUE ESSE RESULTADO MOSTRA

O achado mais importante não é apenas que o manejo de impacto reduzido removeu menos biomassa no momento da colheita e sim que essa diferença inicial se desdobrou em trajetórias distintas ao longo de três décadas. A área submetida a boas práticas superou seu estoque inicial, enquanto a área explorada de forma convencional permaneceu abaixo do nível pré-colheita.

Essa trajetória indica que o manejo de impacto reduzido não deve ser entendido apenas como um conjunto de procedimentos operacionais para diminuir danos imediatos. Ele influencia o comportamento futuro da floresta, favorecendo a manutenção de árvores remanescentes, o crescimento posterior, a recomposição da biomassa e o estoque de carbono.

Para os públicos do Imaflora, essa leitura é especialmente importante porque conecta três dimensões que muitas vezes aparecem separadas: produção de madeira, manutenção da floresta em pé e contribuição climática. A evidência sugere que a qualidade do manejo interfere na capacidade da floresta de continuar exercendo funções produtivas e ambientais ao longo do tempo.

5. CICLO LEGAL NÃO É SINÔNIMO DE RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA

O período analisado corresponde aproximadamente ao ciclo de 25 a 35 anos usado como referência para regimes de maior intensidade na legislação brasileira. Mesmo assim, a exploração convencional não recuperou seu estoque inicial de biomassa.

Esse resultado tem uma implicação técnica direta: completar o prazo legal não significa, automaticamente, que a floresta esteja recuperada. O intervalo temporal deve ser entendido como condição mínima, não como prova suficiente de recomposição ecológica, produtiva ou climática.

A avaliação de áreas candidatas a um segundo ciclo precisa considerar indicadores de recuperação efetiva, como biomassa, área basal, estoque comercial, distribuição diamétrica, mortalidade, recrutamento, composição por espécie e integridade das árvores remanescentes.

Essa interpretação dialoga com a agenda regulatória e com o papel do monitoramento. A decisão sobre nova colheita deve ser baseada em evidências da floresta remanescente, e não apenas no cumprimento formal de prazos.

6. RECUPERAR BIOMASSA NÃO É O MESMO QUE RECOMPOR MADEIRA COMERCIAL

O estudo também ajuda a qualificar uma confusão comum no debate sobre manejo e carbono: a recuperação da biomassa acima do solo não equivale necessariamente à recomposição do estoque comercial de madeira. A própria análise destaca que ciclos de 20 a 30 anos podem ser suficientes para recuperar biomassa sem garantir recomposição do volume comercial ou o retorno de todas as espécies ao diâmetro mínimo de corte.

Esse ponto é central para a comunicação técnica. O saldo positivo no manejo de impacto reduzido indica recuperação estrutural e climática relevante. No entanto, ele não autoriza concluir que toda a cesta de espécies comerciais esteja pronta para nova exploração.

Do ponto de vista do manejo, é necessário distinguir pelo menos cinco dimensões: recuperação do carbono, recuperação da estrutura da floresta, recuperação das espécies exploradas, disponibilidade de volume comercial e capacidade de sustentar ciclos posteriores.

7. A ANÁLISE POR GRUPOS ECONÔMICOS APROXIMA A PESQUISA DAS DECISÕES DE MANEJO

Um diferencial do artigo é que ele não analisou apenas o estoque total de biomassa. A pesquisa também separou as espécies segundo sua relação com o mercado madeireiro: espécies exploradas, espécies com potencial de exploração e espécies sem valor madeireiro.

Essa abordagem é relevante porque uma floresta pode recuperar biomassa por meio de espécies que não necessariamente compõem o estoque comercial do próximo ciclo. Também pode ganhar biomassa em espécies potencialmente comercializáveis, alterando a composição futura da produção.

Para políticas, concessões, planos de manejo e análises setoriais, essa separação permite avançar de uma leitura agregada para uma avaliação mais próxima da realidade operacional. Ela pode orientar monitoramento por grupo econômico, avaliação do estoque de espécies anteriormente colhidas, análise cautelosa de novas espécies comerciais, limites diferenciados de exploração e planejamento de uma cesta de produtos compatível com a dinâmica florestal.

O artigo informa que a superioridade modelada do manejo de impacto reduzido foi consistente para todos os grupos analisados. Isso fortalece a interpretação de que o benefício não dependeu exclusivamente de uma categoria isolada. A análise disponível, porém, não apresenta os valores completos de cada grupo, que devem ser solicitados aos pesquisadores antes de uso em produtos gráficos ou comparativos específicos.

8. O MODELO APONTA MAIOR POTENCIAL DE BIOMASSA SOB MANEJO DE IMPACTO REDUZIDO

A partir do modelo de crescimento de Gompertz, o artigo estimou estoques máximos médios de 353,42 Mg por hectare no manejo de impacto reduzido, 192,91 Mg por hectare na exploração convencional e 178,60 Mg por hectare na área-controle. O potencial máximo projetado para o manejo de impacto reduzido foi cerca de 83% superior ao da exploração convencional e aproximadamente 98% superior ao da floresta-controle.

O intervalo de confiança do manejo de impacto reduzido foi mais amplo, de 263,41 a 443,43 Mg por hectare, indicando maior incerteza sobre o valor máximo exato. Ainda assim, o artigo informa que a estimativa foi estatisticamente superior às dos demais tratamentos.

A leitura técnica recomendada é tratar esse resultado como potencial modelado, não como destino garantido da floresta. Modelos ajudam a antecipar tendências, comparar cenários e orientar monitoramento, mas não substituem medições de campo, inventários, parcelas permanentes e acompanhamento remoto. Secas, incêndios, tempestades, mortalidade, mudanças de composição e uma nova exploração podem alterar a trajetória observada.

Quadro 2. Potencial máximo modelado de biomassa.

Tratamento	Estoque máximo médio estimado pelo modelo de Gompertz
Manejo de impacto reduzido	353,42 Mg/ha
Exploração convencional	192,91 Mg/ha
Área-controle	178,60 Mg/ha

Leitura técnica: o resultado indica maior potencial modelado sob manejo de impacto reduzido, mas deve ser interpretado como projeção dependente das condições observadas e das premissas do modelo.

9. PROJEÇÕES DE 60 ANOS: ÚTEIS PARA DISCUTIR TENDÊNCIAS, NÃO PARA SUBSTITUIR MONITORAMENTO

A pesquisa compara os estoques de biomassa modelados com um valor de referência de 409 Mg/ha, considerado uma aproximação do estoque de uma floresta em estágio clímax na região. Na exploração convencional, o estoque de biomassa correspondia a 46,6% desse valor no ano zero, passando para 43,9% aos 30 anos e 41,4% aos 60 anos após a primeira colheita. Esses resultados baseiam-se em projeções do modelo de Gompertz e consideram, para o segundo ciclo de colheita, uma extração de biomassa equivalente à realizada no primeiro ciclo. Em contrapartida, no manejo de impacto reduzido, a trajetória projetada foi de aumento do estoque de biomassa em relação à referência, passando de 45,1% no ano zero para 61,7% aos 30 anos e 66,3% aos 60 anos após a colheita, também com base em extrapolações do modelo.

A diferença projetada aos 60 anos foi de 24,9 pontos percentuais em favor do manejo de impacto reduzido. Esse resultado deve ser apresentado como projeção modelada, e não como medição de campo, porque os dados efetivamente observados cobrem 30 anos.

Para o Imaflora, a utilidade desse achado está em mostrar que práticas de manejo podem alterar tendências de longo prazo. Para a tomada de decisão, contudo, o uso responsável da projeção exige monitoramento contínuo, recalibração de modelos e cautela antes de transformar resultados simulados em regra operacional.

10. O SEGUNDO CICLO SIMULADO NÃO EQUIVALE A UMA SEGUNDA EXPLORAÇÃO OBSERVADA

O artigo avalia, por meio de simulação, efeitos de uma intensidade semelhante de colheita aplicada em ciclos posteriores. A floresta, porém, não foi efetivamente explorada uma segunda vez dentro do período analisado.

Essa distinção precisa estar clara em qualquer produto de comunicação: o primeiro ciclo foi observado durante 30 anos; os ciclos seguintes foram modelados; os resultados simulados dependem das premissas adotadas; e ainda são necessários dados de operações reais de segundo ciclo para confirmar o desempenho observado em simulação.

Para a agenda Timberflow, essa cautela é estratégica. A simulação contribui para formular hipóteses, orientar protocolos e indicar riscos, mas não deve ser usada como comprovação empírica de que uma segunda colheita terá o mesmo desempenho observado após o primeiro ciclo. Além disso, é necessário considerar os efeitos da intensificação dos eventos climáticos extremos e das mudanças climáticas, que podem alterar as condições ambientais e a dinâmica de recuperação das florestas, ampliando as incertezas quanto à resposta florestal em ciclos sucessivos de colheita.

11. MANEJO DE IMPACTO REDUZIDO COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA: OPORTUNIDADE E CONDICIONANTES

O estudo conecta o manejo de impacto reduzido a agendas climáticas como REDD+ e *Improved Forest Management*, ao indicar que a redução de danos conserva mais biomassa e favorece a acumulação posterior de carbono quando comparada à exploração convencional.

Na narrativa institucional, o manejo florestal de impacto reduzido pode ser apresentado como uma solução baseada na natureza quando mantém a floresta em pé, evita conversão do uso do solo, reduz degradação, recupera estoques de carbono, sustenta produção renovável e mantém funções ecológicas. Essa narrativa, porém, precisa estar condicionada à adoção efetiva de boas práticas, ao cumprimento de salvaguardas ambientais e ao monitoramento dos resultados.

O artigo fornece evidência biofísica relevante para a agenda climática, mas não comprova sozinho a elegibilidade de uma área para créditos de carbono. Para isso, ainda seriam necessários linha de base, adicionalidade, metodologia reconhecida, monitoramento, relato e verificação, permanência, controle de vazamento, gestão do risco de reversão, salvaguardas socioambientais e prevenção de dupla contagem.

12. COMO LER ESTE ESTUDO A PARTIR DO TIMBERFLOW

O *Timberflow* nasceu para qualificar a leitura pública sobre a cadeia da madeira nativa amazônica a partir de dados, transparência e análise técnica. Este boletim amplia essa leitura para uma dimensão complementar: os efeitos da prática de manejo sobre a





[B.T.I.] Boletim Técnico do Imaflora

imaflora

floresta que permanece após a extração.

A contribuição do estudo pode ser sintetizada em três interpretações para os públicos do Imaflora:

A legalidade da madeira é condição necessária, mas não suficiente para avaliar sustentabilidade. É preciso observar também a qualidade da operação florestal e seus efeitos sobre biomassa, carbono e árvores remanescentes.

O prazo do ciclo precisa ser combinado com indicadores de recuperação. Trinta anos foram suficientes para que o manejo de impacto reduzido superasse o estoque inicial de biomassa, mas não para que a exploração convencional recuperasse plenamente sua condição pré-colheita.

O segundo ciclo exige evidência de campo. Modelos e projeções ajudam a planejar, mas decisões sobre nova exploração precisam considerar inventários, parcelas permanentes, composição de espécies, estoque comercial e integridade da estrutura florestal.

13. LIMITES DA EVIDÊNCIA

O resultado positivo não deve ser generalizado automaticamente para toda a Amazônia. O experimento foi conduzido em uma única área de Paragominas, com cada tratamento instalado em uma parcela de 24,5 hectares. Os autores destacam a raridade e a relevância de séries históricas longas, mas também reconhecem a necessidade de pesquisas em outras regiões.

As conclusões são fortes para as condições específicas do sítio e revelam mecanismos importantes. Antes de definir parâmetros nacionais, seria necessário testar a resposta em diferentes tipos florestais, regimes de chuva, solos, intensidades de exploração, composições florísticas, históricos de uso e estados da Amazônia.

Outro cuidado importante diz respeito à área-controle. O saldo de apenas 0,12 Mg por hectare em 30 anos pode refletir uma floresta madura próxima do equilíbrio, em que crescimento e mortalidade se compensam. Isso ajuda a explicar por que uma floresta manejada pode apresentar incremento mais elevado, devido à abertura controlada do dossel e à redução de competição. Ainda assim, isso não significa que explorar seja climaticamente melhor que conservar uma floresta intacta. A comparação correta é entre formas de realizar a exploração quando ela já está prevista, e não entre manejar toda floresta ou mantê-la protegida.

14. SÍNTESE TÉCNICA

O estudo demonstra que diferentes práticas de manejo produzem trajetórias distintas de biomassa e carbono ao longo de 30 anos. O manejo de impacto reduzido apresentou saldo positivo de biomassa, superou o estoque inicial e mostrou maior potencial modelado de recuperação. A exploração convencional, por sua vez, permaneceu abaixo do estoque pré-colheita, mesmo após um período compatível com o ciclo de corte usado como referência para regimes de maior intensidade.





[B.T.I.] Boletim Técnico do Imaflora

imaflora

Para o Imaflora, a principal leitura é que a sustentabilidade da cadeia da madeira depende de integrar legalidade, rastreabilidade e qualidade operacional. A madeira legal precisa vir de florestas que mantenham capacidade de recuperação, estrutura ecológica e potencial produtivo para ciclos futuros.

A evidência reforça que políticas, concessões, planos de manejo, monitoramento e instrumentos de mercado devem olhar além do volume extraído. O que permanece na floresta, e como essa floresta responde ao longo do tempo, é parte central da sustentabilidade do manejo.





[B.T.I.] Boletim Técnico do Imaflora

imaflora

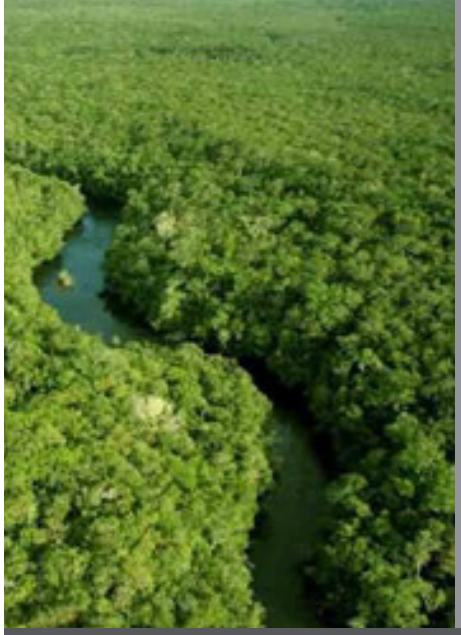
LITERATURA CONSULTADA

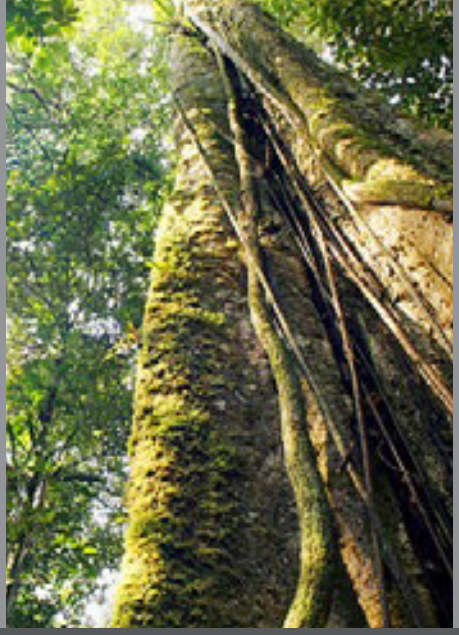
BRAGA, Nathalia Sousa; TRAUTENMÜLLER, Jonathan William; VIDAL, Edson. Reduced-impact logging shortens carbon recovery time in eastern Amazonian forests. Journal of Environmental Management. DOI: 10.1016/j.jenvman.2026.129952.

VIDAL, E.; Braga, N. S.; ORTEGA RODRIGUEZ, D. R.; DERISSO, V. D.; Pinto, R. C.; SENADO, J. A. V.; TRAUTENMÜLLER, J. W. Impact of different management practices on tree biomass and carbon dynamics 30 years after logging in eastern Amazon. Journal of Environmental Management. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.128337.

TRAUTENMÜLLER, J. W.; BRAGA, N. S.; VIDAL, E. Carbon sequestration potential in the Amazon rainforest using best management practices.

Área responsável
Imaflora, Frente de Florestas e Restauração
Série Timberflow, evidências para governança, rastreabilidade e sustentabilidade da madeira nativa amazônica







imaflora®

Sobre o Imaflora:

O Imaflora (Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola) é uma organização brasileira, sem fins lucrativos, criada em 1995 para promover a conservação, o uso sustentável dos recursos naturais e para gerar benefícios sociais nos setores florestal e agropecuário.



www.imaflora.org

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

[B.T.I.] *Boletim Técnico do Imaflora*

DOE IMAFLORA
doe.imaflora.org