

# O BRASIL PRECISA MONITORAR SUA REGENERAÇÃO TROPICAL

## SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO É TECNOLOGICAMENTE FACTÍVEL, MAS PRECISA DE APOIO DA POLÍTICA PÚBLICA

JULIANO ASSUNÇÃO, CLÁUDIO ALMEIDA E CLARISSA GANDOUR

### O Desafio

Incorporar a promoção e a proteção da regeneração tropical em sua agenda de política ambiental seria uma decisão estratégica e oportuna para o Brasil. O restauro de ecossistemas é crucial para o fortalecimento de medidas de conservação e aprimoramento da provisão de serviços ecossistêmicos, podendo gerar expressivos ganhos ambientais e financeiros. Com vasta quantidade de áreas degradadas e desmatadas em regiões tropicais, o Brasil está em posição única para contribuir para esse esforço. Contudo, a vegetação secundária – aquela que cresce em locais que foram desmatados – encontra-se hoje inteiramente vulnerável. Atualmente, áreas regeneradas não são regularmente detectadas em nenhum sistema oficial de monitoramento de cobertura florestal tropical, fazendo com que o país não tenha acesso a dados essenciais para o desenho e a execução de política pública de conservação e desenvolvimento sustentável.

A implementação do monitoramento sistemático, regular e frequente da vegetação secundária é condição necessária para catalisar a regeneração tropical e fortalecer sua proteção. Hoje, o maior entrave para que isso seja alcançado não é de natureza tecnológica. O país tem acesso à tecnologia e ao conhecimento técnico necessários para monitorar a vegetação secundária. O desenvolvimento de sistemas de monitoramento da regeneração depende, contudo, da compreensão por parte de formuladores de política pública de que essa vegetação deve ser protegida e, principalmente, de que é relativamente simples implementar os sistemas que servem como base para essa proteção.

Este documento traz recomendações para avançar no desenvolvimento de sistemas de monitoramento remoto da vegetação secundária.

### Recomendações para Política Pública

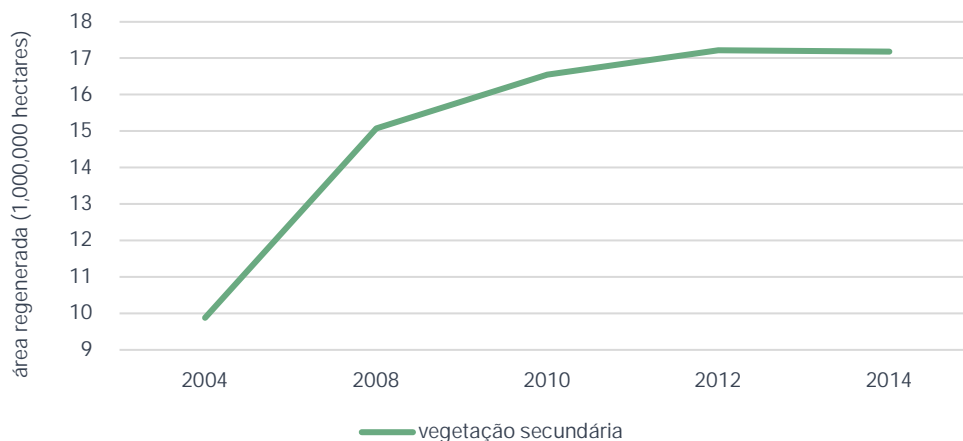
1. Estabelecer critérios claros para a classificação da vegetação secundária em imagens de sensoriamento remoto.
2. Desenvolver dois sistemas complementares para garantir monitoramento da vegetação secundária tanto no curto prazo quanto no médio a longo prazo.
3. Usar imagens de sensoriamento remoto já disponíveis para construir a primeira versão dos sistemas.
4. Elaborar e manter cuidadosa estratégia de comunicação tanto com formuladores de política pública quanto com o público amplo.

## QUAL É A QUESTÃO?

### Qual é o desafio que queremos resolver? Por que isso é importante?

A Amazônia Brasileira detém vasta extensão de vegetação secundária – aquela que cresce em áreas previamente desmatadas. Em 2014, último ano para o qual há disponibilidade de dados oficiais sobre cobertura e uso do solo em áreas desmatadas em toda a extensão da Amazônia, mais de 17 milhões de hectares continham indício de regeneração tropical (INPE e Embrapa, 2016). Isso representava quase um quarto de toda a área de floresta historicamente desmatada na Amazônia até então. Não se tratava apenas de regeneração antiga, mas sim de um fenômeno ativo. Entre 2004 e 2014, a área coberta por vegetação secundária tropical aumentou em mais de 70%. A Figura 1 ilustra essa trajetória de crescimento.

Figura 1: Extensão de Vegetação Secundária na Amazônia Legal Brasileira, 2004 – 2014.



**Fonte:** *Climate Policy Initiative / PUC-Rio (2020), com dados de TerraClass / INPE e Embrapa.*

No entanto, apesar de sua magnitude e de sua recente expansão, a regeneração tropical permanece invisível aos sistemas oficiais de monitoramento da Amazônia Brasileira.<sup>1</sup> Com a falta de atualização do projeto TerraClass, no qual a vegetação secundária da Amazônia foi monitorada entre 2004 e 2014, hoje, o país não dispõe de informações sistematizadas, regulares e atuais sobre a extensão da vegetação secundária em seu maior bioma. Assim, o Brasil não consegue observar tendências de médio e longo prazos em relação a ganho ou perda de área regenerada, o que restringe, em muito, sua capacidade de acompanhar e comprovar tanto o cumprimento de metas internacionais de reflorestamento, quanto a conformidade por parte de proprietários rurais com requisitos de restauro estabelecidos no Código Florestal. Tampouco consegue enxergar no curto prazo a supressão da vegetação secundária, o que inviabiliza uma resposta efetiva das autoridades ambientais a eventuais

<sup>1</sup> Apesar de já existirem sistemas/iniciativas de monitoramento da vegetação secundária na Amazônia brasileira desenvolvidos e mantidos por organizações do terceiro setor e da sociedade civil, tais sistemas/iniciativas não são oficiais. Isso não elimina, portanto, a necessidade do governo brasileiro de ter um sistema oficial próprio, que garanta consistência metodológica entre dados oficiais referentes ao monitoramento da cobertura vegetal na Amazônia.

infrações e crimes contra esse tipo de vegetação. Essas limitações indicam que, enquanto a regeneração for invisível aos sistemas de monitoramento, ela não receberá a devida atenção em ações de política pública para conservação e desenvolvimento sustentável.

Incorporar a promoção e a proteção da regeneração tropical em sua agenda de política ambiental seria uma decisão estratégica e oportuna para o Brasil. O restauro de ecossistemas é crucial para o fortalecimento de medidas de conservação e aprimoramento da provisão de serviços ecossistêmicos. Estima-se que o restauro de 350 milhões de hectares de áreas degradadas e desmatadas ao redor do mundo poderia absorver 1,7 GtCO<sub>2</sub> por ano e gerar aproximadamente 170 bilhões de dólares em benefícios líquidos advindos de proteção de recursos hídricos, maior produtividade agrícola e produtos florestais (IUCN e Winrock International, 2017). Com vasta quantidade de áreas degradadas e desmatadas em regiões tropicais, o Brasil está em posição única para contribuir para esse esforço. Contudo, o monitoramento sistemático, regular e frequente da vegetação secundária é condição necessária para catalisar a regeneração tropical e fortalecer sua proteção. Esse é um passo fundamental para que o Brasil simultaneamente alcance seus compromissos ambientais de redução de emissões de gases de efeito estufa e ainda promova melhorias no bem-estar humano em escalas local e global.

## QUAL É O CONTEXTO?

### Qual é o histórico relevante para essa questão?

No Brasil, políticas de conservação tropical ao longo das últimas décadas tipicamente focaram na contenção de pressões de desmatamento primário e não na promoção ou proteção de áreas regeneradas. Tal foco se deu por necessidade, não por falta de visão ou planejamento de política pública. Em meados da década de 2000, quando o total de floresta primária derrubada na Amazônia Brasileira já somava mais de 62 milhões de hectares, o desmatamento primário chegou a avançar à velocidade de 2,7 milhões de hectares por ano (INPE, 2019). Essa acentuada taxa de perda florestal anual foi em grande parte responsável pela elevada participação do setor de florestas e mudanças no uso da terra nas emissões de gases de efeito estufa no país à época, estimada entre 70% e 80% (MCTI, 2013; SEEG, 2020). Além disso, o Brasil se destacava como o país que mais derrubou floresta tropical na primeira metade da década em termos tanto absolutos quanto relativos (Hansen et al., 2008).

Diante da crescente consciência do papel desempenhado por florestas tropicais no esforço global para enfrentar mudanças climáticas, o combate ao desmatamento passou a ser prioridade na agenda política internacional (Stern, 2008; Burgess et al., 2012). Foi nesse contexto que, sob pressões cada vez mais fortes para controlar suas altas taxas de perda florestal, o Brasil lançou o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na

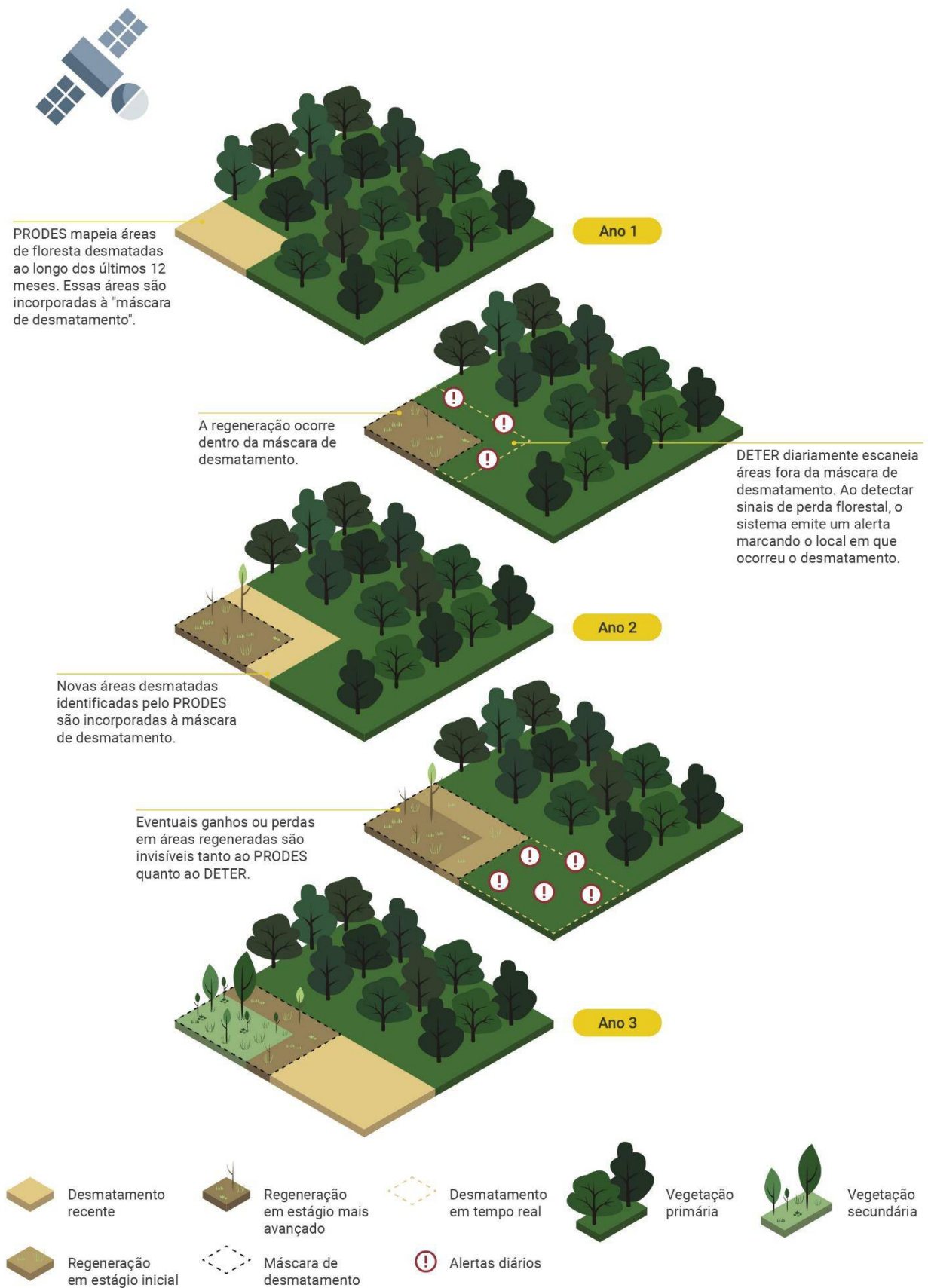
Amazônia Legal (PPCDAm), um ambicioso conjunto de medidas estratégicas de conservação. Com ele, o país inaugurou uma nova abordagem para lidar com o desmatamento tropical na Amazônia.

Como a maioria esmagadora do desmatamento na Amazônia era ilegal, um dos pilares do PPCDAm foi a adoção do monitoramento florestal por satélite para fortalecimento da fiscalização ambiental. Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) introduziu o monitoramento em tempo quase real da perda florestal e a emissão de alertas de desmatamento georreferenciados. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), autoridade federal responsável por investigar e punir infrações ambientais, passou a usar esses alertas para focalizar ações de fiscalização.

Uma característica importante do DETER é que o sistema foi desenhado para detectar exclusivamente a perda de vegetação primária. Isso está alinhado com a forma como o Brasil mede o desmatamento tropical desde o final da década de 80 através do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Enquanto o DETER é usado para monitorar o desmatamento e emitir alertas em tempo quase real, o PRODES serve para mapear e medir com maior precisão a área de floresta que foi desmatada em um ano. Uma vez identificada como desmatada no PRODES, uma determinada área não volta a ser revisitada em anos futuros e passa a ser incorporada à chamada máscara de desmatamento. A máscara representa, portanto, o acumulado histórico de desmatamento ao longo do tempo. O DETER busca por sinais de perda florestal estritamente fora da máscara; mas a regeneração ocorre, por definição, em áreas que foram previamente desmatadas – justamente dentro da máscara. Considerando que a máscara é um ponto cego tanto para o PRODES quanto para o DETER, eventuais mudanças na cobertura de vegetação secundária na Amazônia permanecem invisíveis aos dois sistemas e, conseqüentemente, às autoridades ambientais brasileiras. A Figura 2 ilustra como PRODES, DETER e regeneração se relacionam.

O projeto TerraClass (Almeida et al., 2016), desenvolvido em parceria entre o INPE e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), atacou parcialmente o problema da invisibilidade da vegetação secundária na Amazônia, fazendo mapeamentos bienais de uso e cobertura da terra dentro da máscara de desmatamento do PRODES, sendo a vegetação secundária uma das classes monitoradas. Entretanto, os mapeamentos não são atualizados desde 2014, devido à falta de recursos para execução do projeto.

Figura 2: Por que a regeneração na Amazônia é invisível aos sistemas de monitoramento de floresta?



Fonte: Climate Policy Initiative / PUC-Rio (2020).

## Qual é a efetividade das políticas públicas existentes?

O Brasil acumula sólido *expertise* de política pública para combate efetivo ao desmatamento primário na Amazônia. Estudos mostram que, ao aliar tecnologia de ponta a inovadoras políticas públicas, o PPCDAm ajudou a reduzir em mais de 80% a taxa anual de perda de floresta primária (Hargrave e Kis-Katos, 2013; Assunção et al., 2015; Burgess et al., 2019). Esforços de monitoramento e fiscalização que tomavam como base os alertas do DETER mostraram-se particularmente efetivos na redução do desmatamento (Assunção et al., 2019b). O monitoramento por satélite permitiu que a perda florestal fosse detectada de forma mais rápida e precisa, aumentando expressivamente a capacidade do IBAMA de aplicar punições efetivas a infratores ambientais. Conforme aumentou o risco de ser punido pela fiscalização, aumentou também o custo esperado do desmatamento ilegal. O DETER serve, até hoje, como a principal ferramenta de monitoramento ambiental da Amazônia.

Apesar da comprovada eficácia das ações de política pública para controle do desmatamento primário, o país não tem experiência análoga com regeneração tropical. De fato, a vegetação secundária tropical esteve, em grande parte, ausente da agenda brasileira de política ambiental nas últimas décadas (Antonaccio et al., 2018). Durante esse período, não houve esforços específicos de política pública para promover a regeneração em escala e tampouco para proteger áreas regeneradas já existentes na Amazônia.<sup>2</sup> Além disso, ainda que a evidência empírica tenha documentado a contribuição crucial do monitoramento florestal para conservação da Amazônia, os sistemas de monitoramento oficiais atualmente em vigor não detectam alterações na cobertura de vegetação secundária. Portanto, para que possa desenhar e implementar ações efetivas de incentivo ao restauro florestal e proteção da regeneração à sua agenda de política pública para conservação tropical, o Brasil precisa primeiro enxergar, monitorar e acompanhar a vegetação secundária.

## COMO O BRASIL PODE RESOLVER ESSA QUESTÃO?

### Recomendações e Discussão

O Brasil foi pioneiro no desenvolvimento de sistemas de monitoramento remoto de vegetação tropical. PRODES e DETER contam com reconhecimento da comunidade científica internacional, tendo sido validados em termos tanto de acurácia técnica quanto de eficácia para fins de conservação florestal (Diniz et al., 2015, Maurano et al., 2019). O país pode e deve usar a experiência acumulada com o desenvolvimento e o aprimoramento desses sistemas

---

<sup>2</sup> Assunção et al. (2019a) documentam um efeito indireto de monitoramento e fiscalização para combate ao desmatamento primário sobre a expansão da vegetação secundária entre 2004 e 2014 na Amazônia. O estudo é o primeiro a explorar um impacto não intencional de políticas públicas de controle do desmatamento no âmbito do PPCDAm sobre a regeneração tropical.



para implementar o monitoramento remoto sistemático, regular e frequente da vegetação secundária na Amazônia.

Hoje, o maior entrave para que isso seja alcançado não é de natureza tecnológica. O Brasil tem acesso à tecnologia e ao conhecimento técnico necessários para monitorar a vegetação secundária. Com a devida alocação de recursos financeiros, estimados na ordem de US\$500.000 por ano, a implementação de um sistema de monitoramento da regeneração tropical é absolutamente factível em um prazo inferior a 1 ano, ainda que seja um processo trabalhoso. As recomendações a seguir apontam caminhos para enfrentar os principais desafios e aproveitar as oportunidades inerentes a esse processo.

1. Estabelecer critérios claros para a classificação da vegetação secundária em imagens de sensoriamento remoto.

A identificação de categorias de cobertura do solo em sistemas de sensoriamento remoto é feita através da classificação de áreas observadas em imagens obtidas a partir de sensores óticos. Transições entre diferentes categorias são detectadas comparando imagens mais antigas com outras mais recentes. Fenômenos caracterizados por uma mudança abrupta entre categorias são, portanto, mais fáceis de serem detectados. Esse é o caso do desmatamento em corte raso de floresta tropical primária, quando uma área de floresta que nunca foi desmatada perde toda ou quase toda sua biomassa. O sistema PRODES foi desenvolvido justamente para detectar esse tipo de perda florestal – a tecnologia de sensoriamento remoto disponível no final da década de 80 já permitia identificar a transição entre floresta densa e desmatamento em corte raso, apesar da resolução consideravelmente mais baixa dos sensores existentes à época.

Ainda que a tecnologia de sensoriamento remoto tenha evoluído bastante desde então, a detecção do processo de recuperação florestal é inerentemente mais complexa. A regeneração é um fenômeno gradual, no qual a cobertura do solo muda lentamente ao longo do tempo. Para que possa ser detectada, a vegetação secundária tem que acumular biomassa suficiente para se tornar visível e distinguível em imagens de sensoriamento remoto. Esse processo, mesmo em ecossistemas tropicais, pode se estender ao longo de décadas à medida que a vegetação avança nos diferentes estágios de desenvolvimento da floresta secundária (Alves et al., 1997; Aide et al., 2000; Guariguata e Ostertag, 2001; Chazdon, 2008).

Portanto, para garantir consistência e acurácia na detecção da regeneração, é necessário estabelecer critérios claros para definir o que é considerado vegetação secundária. A literatura de sensoriamento remoto mostra que é possível monitorar vegetação secundária em floresta tropical (Almeida et al., 2010). A vegetação tropical caracteriza-se por alta densidade de biomassa acima do solo e rápido desenvolvimento (sob condições favoráveis), o que facilita a detecção de vegetação secundária. De fato, já é possível identificar áreas com regeneração em estágio inicial em imagens capturadas por sensores de média resolução. O foco na vegetação tropical é adequado para um sistema de monitoramento na Amazônia, dado que esse tipo de vegetação predomina na região.

Segundo, deve-se estabelecer o momento em que a vegetação secundária passará a ser considerada para fins de registro. Isso pode ser feito com base em critérios de estágio de desenvolvimento e/ou de permanência. O padrão observado em imagens de sensoriamento remoto varia ao longo dos diferentes estágios de desenvolvimento da área em regeneração, conforme variam, por exemplo, quantidade de biomassa presente e densidade do dossel, variando também em função da fitofisionomia original. Além disso, pode-se determinar há quanto tempo uma determinada área está coberta por vegetação secundária. Essa medida de permanência da vegetação serve como um indicador de sua "idade", que também está associada a seu estágio de desenvolvimento.

A definição de uma linha de corte clara a partir desses critérios ajuda a eliminar ruído das séries de acompanhamento da vegetação secundária, conferindo maior estabilidade e consistência nos dados produzidos. Também é importante que diversos sites com ocorrência de vegetação secundária sejam monitorados in loco para acompanhar a evolução da biomassa, o que permitirá uma correlação adequada entre a idade da vegetação e a biomassa acumulada. O trabalho de campo deve servir como um forte aliado na definição de critérios específicos à Amazônia Brasileira, contribuindo para a caracterização dos estágios de desenvolvimento e idade da vegetação secundária, assim como para a associação desses estágios e idades com padrões observados em imagens.

## 2. Desenvolver dois sistemas complementares para garantir monitoramento da vegetação secundária tanto no curto prazo quanto no médio a longo prazo.

O monitoramento da vegetação secundária tropical deve ser feito à luz dos dois sistemas existentes para desmatamento primário na Amazônia: o PRODES gera informação mais precisa (maior resolução), porém com baixa frequência temporal (anual); o DETER gera informação um pouco menos acurada em relação ao tamanho dos pequenos polígonos (menor resolução), porém com alta frequência temporal (diária). PRODES e DETER se complementam, pois atendem a propósitos distintos. O primeiro tem como objetivo mensurar anualmente a perda de floresta primária e, assim, permite acompanhar tendências de desmatamento primário entre anos. Já o segundo detecta indícios de variações recentes na cobertura florestal para sinalizar áreas com desmatamento ou degradação ativos e, assim, ajudar a focalizar esforços de fiscalização ambiental.

A mesma lógica se aplica à vegetação secundária. Para acompanhar o cumprimento de suas metas internacionais e a conformidade com compromissos de recuperação florestal previstos no Código Florestal, o Brasil precisa ter dados sobre ganho e perda de áreas regeneradas no médio a longo prazo. Precisa, ainda, que esses dados sejam espacialmente explícitos, para que se possa construir um histórico de regeneração específico a cada área. A proteção do estoque de vegetação secundária, contudo, depende da capacidade do país de enxergar eventuais danos a essa vegetação e reagir a tempo – ou seja, no curto prazo. Um sistema de alertas focado na perda de vegetação secundária serviria para focalizar ações de fiscalização, permitindo que autoridades ambientais punissem eventuais infratores que, hoje, operam na



invisibilidade. A experiência do Brasil com a fiscalização para o combate ao desmatamento primário sugere que o fortalecimento do comando e controle inibe o crime ambiental. O raciocínio pode ser estendido à supressão da vegetação secundária – diante de um aumento no custo esperado de cortar a vegetação secundária, aqueles infratores em potencial para os quais os benefícios do desmatamento não superam seus custos deixarão de desmatar.

3. Usar imagens de sensoriamento remoto já disponíveis para construir a primeira versão dos sistemas.

Os sistemas PRODES e DETER atualmente utilizam imagens de sensores a bordo de satélites de classe LANDSAT/OLI (resolução espacial de 20 a 30 m) e CBERS/WFI (resolução espacial de 64 m). Além do histórico dessas imagens já estar disponível no acervo do INPE, o acesso às imagens futuras desses satélites já está previsto para uso nos sistemas para monitoramento do desmatamento primário. Essas imagens são suficientes para construir uma primeira versão dos sistemas de monitoramento da vegetação secundária. Partindo das imagens de maior resolução, pode-se construir uma linha de base para a vegetação secundária e, a partir dela, usar as imagens com maior frequência temporal e menor resolução para identificar perda recente nesse tipo de vegetação. Ao usar imagens que já constam do acervo histórico ou cuja obtenção já está prevista em outros projetos, reduz-se o custo de desenvolvimento do sistema de monitoramento da regeneração.

Contudo, todo sistema de monitoramento remoto baseado em imagens de sensores óticos carrega uma limitação importante: não é possível identificar cobertura ou uso de solo quando há uma obstrução ótica na imagem. Nuvens constituem o tipo de obstrução mais relevante para a região amazônica. Elas dificultam a identificação do desmatamento primário, mas são um fator limitante ainda mais grave para a detecção de vegetação secundária, que é inerentemente mais complexa. Isso não impossibilita o monitoramento da regeneração, mas exige que adaptações sejam feitas para assegurar a consistência e confiabilidade do produto. Uma possível solução seria adotar menor frequência temporal no sistema de monitoramento de curto prazo – agregar informações em trimestres, por exemplo. Assim, poder-se-ia selecionar as melhores imagens dentro desse período, o que aumentaria a chance de haver uma imagem sem obstruções visuais para uma dada área.

4. Elaborar e manter cuidadosa estratégia de comunicação tanto com formuladores de política pública quanto com o público amplo.

Os sistemas de monitoramento do desmatamento primário na Amazônia já são relativamente conhecidos no Brasil. Além de aporte técnico, o desenvolvimento de novos sistemas para monitoramento da vegetação secundária requer também um minucioso esforço de comunicação para instruir o público, nas esferas pública e privada, sobre como interpretar os novos dados.

Em particular, apesar dos sistemas propostos para monitoramento de vegetação secundária se assemelharem aos que já existem para o desmatamento primário, é importante ressaltar que não se recomenda misturar informações de desmatamento primário e secundário. Afinal, florestas primárias são inerentemente distintas das secundárias e, portanto, a perda de cada um desses tipos de floresta carrega implicações também distintas para o desenho e a execução de política pública. Além disso, o Brasil deve preservar a comparabilidade ao longo de suas séries históricas sobre desmatamento primário na Amazônia. Os sistemas para monitoramento da vegetação secundária podem – e devem – partir da experiência acumulada com sistemas de monitoramento de desmatamento primário, mas a informação gerada por esses novos sistemas deve ser claramente registrada e comunicada como sendo específica à vegetação secundária.

Faz-se necessário, portanto, traçar uma estratégia de divulgação que combina a apresentação dos dados sobre ganho e perda de vegetação secundária com cuidadosas explicações sobre as nuances inerentes a um fenômeno de alta complexidade como a regeneração tropical. Essas explicações precisam ser feitas em linguagem acessível ao público amplo, contribuindo, assim, para uma maior aproximação desse público com a temática da vegetação secundária.

## CONCLUSÃO

O mundo encontra-se diante da urgente necessidade de ações capazes de conciliar a mitigação de efeitos adversos das mudanças climáticas com a busca por desenvolvimento sustentável. Dado que o crescimento florestal captura carbono e melhora o bem-estar humano, o restauro e a proteção de ecossistemas naturais – particularmente florestas tropicais – desempenham papel fundamental nesse esforço. O surgimento de iniciativas internacionais de apoio à recuperação vegetal, como o Desafio de Bonn e as Contribuições Nacionalmente Determinadas no âmbito da UNFCCC, comprova o interesse da comunidade internacional em dar escala ao restauro de ecossistemas.

Nesse cenário, é imprescindível que o Brasil aja agora para fortalecer a proteção de sua vegetação secundária. Para tanto, faz-se necessário desenvolver sistemas de monitoramento remoto que enxerguem variações na vegetação secundária no curto prazo, para fins de fiscalização, assim como no médio a longo prazo, para fins de mensuração. Apenas assim será possível incorporar a regeneração tropical na agenda de política pública para conservação e desenvolvimento sustentável.

Tais sistemas são tecnologicamente factíveis, mas seu desenvolvimento depende de sólido apoio por parte de formuladores de política pública, principalmente o compromisso de garantir recursos técnicos e financeiros. Ao assumir um firme compromisso com a promoção da regeneração tropical e sua proteção, o país protegeria um valioso patrimônio nacional e ainda caminharia em direção à retomada da sua posição como pioneiro de ação climática global.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B., Rivera, L., e Marcano-Vega, H. (2000). Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. *Restoration Ecology*, 8(4):328–338.
- Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C. G., Dessay, N., Durieux, L., e Gomes, A. R. (2016). High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291-302.
- Almeida, Cláudio Aparecido, Dalton Morisson Valeriano, Maria Isabel Sobral Escada, and Camilo Daleles Rennó. 2010. "Estimativa de Área de Vegetação Secundária Na Amazônia Legal Brasileira." *Acta Amazonica* 40 (2): 289–301. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200007>.
- Alves, D., Soares, J. a. V., Amaral, S., Mello, E. M. K., Almeida, S. A. S., da Silva, O. F., e Silveira, A. M. (1997). Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 3:451–461.
- Antonaccio, L., Assunção, J., Celidonio, M., Chiavari, J., Lopes, C. L. e Schutze, A. (2018). Ensuring Greener Economic Growth for Brazil: Opportunities for Meeting Brazil's Nationally Determined Contribution and Stimulating Growth for a Low-carbon Economy. Relatório técnico, Climate Policy Initiative, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Assunção, J., Gandour, C. e Souza-Rodrigues, E. (2019a). The Forest Awakens: Amazon Regeneration and Policy Spillover. CPI/PUC-Rio working paper.
- Assunção, J., Gandour, C. e Rocha, R. (2015). Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? *Environment and Development Economics*, 20(6):697–722.
- Assunção, J., Gandour, C. e Rocha, R. (2019b). DETERRing Deforestation in the Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. CPI/PUC-Rio working paper.
- Burgess, R., Costa, F. J. M. e Olken, B. A. (2019). The Brazilian Amazon's Double Reversal of Fortune. SocArXiv working paper.
- Burgess, R., Hansen, M., Olken, B. A., Potapov, P. e Sieber, S. (2012). The Political Economy of Deforestation in the Tropics. *The Quarterly Journal of Economics*, 127:1707–1754.
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science*, 320:1458.
- Diniz, C. G., Souza, A. A. de A., Santos, D. C., Dias, M. C., da Luz, N. C., de Moraes, D. R. V., Maia, J. S., Gomes, A. R., Narvaes, I. S., Valeriano, D. M., Maurano, L. E. P., e Adami, M. (2015). DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(7):3619–3628.
- Guariguata, M. R. e Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148:185–206.
- Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Loveland, T. R., Townshend, J. R. G., DeFries, R. S., Pittman, K. W., Arunarwati, B., Stolle, F., Steininger, M. K., Carroll, M. e Dimiceli, C. (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(27):9439–9444.
- Hargrave, J. e Kis-Katos, K. (2013). Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. *Environmental and Resource Economics*, 54:471–494.
- INPE (2019). Projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Brasília, DF, Brasil. Base de dados disponível em <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>, acessada em fevereiro/2019.
- INPE e Embrapa (2016). TerraClass Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, DF, Brasil. Base de dados disponível em <https://www.terraclass.gov.br/>, acessada em agosto/2016.

IUCN e Winrock International (2017). Global Emissions and Removals Databases – InfoFLR. International Union for Conservation of Nature (IUCN) e Winrock International. Base de dados disponível em <https://infoflr.org/what-flr/global-emissions-and-removals-databases>, acessada em setembro/2019.

Maurano, L. E. P., Escada, M. I. S., e Renno, C. D. (2019). Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. *Ciência Florestal*, 29(4):1763–1775.

MCTI (2013). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Relatório técnico, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima (CGMC), Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Brasília, DF, Brasil.

SEEG (2020). Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Observatório do Clima. Base de dados disponível em [http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission#](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#), acessada em abril/2020.

Stern, N. (2008). The Economics of Climate Change. *The American Economic Review: Papers and Proceedings*, 98(2):1–37. Papers and Proceedings of the One Hundred Twentieth Annual Meeting of the American Economic Association.

## SOBRE O CPI E O INPUT

O **Climate Policy Initiative (CPI)** é formado por um grupo de analistas e consultores que trabalham para aprimorar as políticas públicas mais relevantes de energia e uso da terra em diversos países. O CPI oferece conhecimento aplicado e soluções aos tomadores de decisão por meio de análises aprofundadas, a fim de auxiliar no aprimoramento do ambiente regulatório relevante para questões climáticas. No Brasil, o CPI tem uma parceria com o Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas da PUC-Rio (NAPC/PUC-Rio).

A **Iniciativa para o Uso da Terra (INPUT)** é composta por uma equipe de especialistas que trazem ideias inovadoras para conciliar a produção de alimentos com a proteção ambiental. O INPUT visa avaliar e influenciar a criação de uma nova geração de políticas voltadas para uma economia de baixo carbono no Brasil. O trabalho do INPUT é produzido pelo Climate Policy Initiative (CPI) e é financiado por Children's Investment Fund Foundation (CIFF), Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI), Instituto Clima e Sociedade (ICS) e World Wildlife Foundation (WWF).

## AUTORES

Juliano Assunção  
Climate Policy Initiative/ PUC-Rio  
(CPI/PUC-Rio)  
[juliano.assuncao@cpirio.org](mailto:juliano.assuncao@cpirio.org)

Cláudio Almeida  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
(INPE)  
[claudio.almeida@inpe.br](mailto:claudio.almeida@inpe.br)

Clarissa Gandour  
Climate Policy Initiative/ PUC-Rio  
(CPI/PUC-Rio)  
[clarissa.gandour@cpirio.org](mailto:clarissa.gandour@cpirio.org)

Citação sugerida: ASSUNÇÃO, Juliano; ALMEIDA, Cláudio; GANDOUR, Clarissa. White Paper. O Brasil precisa monitorar sua regeneração tropical: Sistema de monitoramento remoto é tecnologicamente factível, mas precisa de apoio da política pública. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2020.