

Boas práticas para o monitoramento
**DA RESTAURAÇÃO NA
MATA ATLÂNTICA**



Pacto
Trinacional da
Mata Atlântica



PACTO
PELA RESTAURAÇÃO DA
MATA ATLÂNTICA



Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Realização

Força-Tarefa Monitoramento

Grupo de Trabalho Conhecimento do PACTO pela Restauração da Mata Atlântica

Coordenação nacional do Pacto

2023-2026: Rubens Benini e João Augusti

2026-2029: Daniel Venturi e Ana Paula Balderi

Liderança GT Conhecimento

Julio Tymus

Supervisão

Ricardo Augusto Gorne Viani

Escrita e revisão técnica

Alex Fernando Mendes

Laura H. P. Simões

Amanda Augusta Fernandes

Laura Lucas Trujillo

Ana Paula Ferreira da Silva

Mariela Figueredo

Bárbara Rodrigues dos Santos Paes

Mayara Beltrão

Carlos E. V. Grelle

Paula Melli

César Augusto Reis da Fonseca Borges

Paulo Guilherme Molin

Daniel Zambiazzi Miller

Pedro Henrique Santin Brancalion

Felipe Damasceno da Rocha Paranhos

Ricardo Augusto Gorne Viani

Guilherme Henrique Machado Faganello

Rubens Benini

Revisão ortográfica

Maria Clara Loureiro

Edição e Diagramação

Luisa Toller e Marcos Mesquita

Agradecimentos gerais

Membros da FT Monitoramento e Conselho de Coordenação do Pacto



Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Boas práticas para o monitoramento da restauração
da Mata Atlântica [livro eletrônico] /
organização Pacto pela Restauração da Mata
Atlântica ; coordenação Ricardo Augusto Gorne
Viani. -- Curitiba, PR : Mater Natura
- Instituto de Estudos Ambientais, 2026.
PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-85-98415-29-1

1. Ecologia 2. Florestas - Restauração 3. Mata
Atlântica (Brasil) - Preservação 4. Monitoramento
ambiental I. Atlântica, Pacto pela Restauração da
Mata. II. Viani, Ricardo Augusto Gorne.

26-381534.0

CDD-333.7517

Índices para catálogo sistemático:

1. Mata Atlântica : Conservação e proteção 333.7517

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

MONITORAMENTO EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA - DO REGISTRO DO PRESENTE À NAVEGAÇÃO DO FUTURO

O monitoramento sempre ocupou um lugar central na restauração ecológica. Acompanhar o estabelecimento das espécies, a recuperação dos solos, o retorno da fauna e o fortalecimento da resiliência dos ecossistemas confere rigor, transparência e responsabilidade ao trabalho de quem se dedica a devolver vida a paisagens degradadas. É por meio dele que avaliamos se estamos no caminho certo e identificamos, quando necessário, os ajustes para alcançar os resultados desejados.

Mas o monitoramento pode e precisa ir além de uma avaliação do estado atual de uma área em restauração. Em um planeta que muda em velocidade sem precedentes, os dados acumulados ao longo do tempo tornam-se uma ferramenta indispensável para compreender tendências, antecipar desafios e orientar decisões mais eficazes. As três grandes crises globais que marcam o nosso tempo (mudanças climáticas, perda de biodiversidade e poluição) estão redefinindo as condições em que os ecossistemas existem. Os padrões de chuva se alteram, eventos extremos se tornam mais frequentes e intensos, espécies mudam sua distribuição ou desaparecem, enquanto diferentes formas de poluição impõem novos desafios à conservação da vida e ao bem-estar humano.

Diante desse cenário, mais do que urgência, o que se exige é uma mudança de postura. Precisamos reconhecer nossa responsabilidade na construção de um futuro mais sustentável e reinventar a forma como nos relacionamos com a natureza. Isso passa por reconhecer, valorizar e integrar diferentes formas de conhecimento, incluindo aqueles produzidos por comunidades tradicionais e povos indígenas; por pensar globalmente e agir localmente; por fortalecer a ciência como base para decisões mais seguras; e por utilizar de forma ética e responsável novas tecnologias e formas de apoio à produção de conhecimento, como inteligência artificial, drones, sensores remotos, plataformas digitais e ciência cidadã. Essas ferramentas ampliam nossa capacidade de compreender os processos ecológicos, ao mesmo tempo em que democratizam a participação na geração do conhecimento.

A boa notícia é que a restauração ecológica já é e será cada vez mais uma das respostas mais promissoras para enfrentar essas crises. Mas, para cumprir esse papel, ela precisa ser encarada como ciência e prática capaz de aprender com seus próprios resultados, bons e ruins. Afinal, se utilizamos o monitoramento para identificar ajustes necessários em um ecossistema em restauração, devemos aplicar o mesmo princípio à própria restauração ecológica em sentido amplo. É por meio da observação sistemática, da análise crítica dos resultados e do aprendizado contínuo que refinamos nossos objetivos, premissas e métodos, revisando continuamente nossas estratégias e ampliando a efetividade das ações. Nesse sentido, o monitoramento deixa de ser apenas um instrumento de avaliação e passa a atuar como uma bússola para o futuro, orientando a evolução da ciência e da prática da restauração. São os dados acumulados ao longo do tempo que nos permitem compreender o que funciona em diferentes contextos, corrigir rumos quando necessário e direcionar recursos e esforços para onde o impacto pode ser maior.

Ao longo de sua trajetória, o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica acumulou uma experiência singular nessa agenda. Em anos de atuação em rede, envolvendo centenas de organizações, pesquisadores, gestores públicos, produtores rurais e representantes de comunidades distribuídos por todo o bioma, o Pacto desenvolveu um conhecimento sólido sobre o monitoramento da restauração ecológica de forma rigorosa, participativa e conectada às necessidades da gestão e das políticas públicas.



Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Este Guia de Boas Práticas é resultado desse aprendizado coletivo. Mais do que reunir métodos e recomendações, ele sistematiza experiências, lições aprendidas e abordagens construídas de forma colaborativa ao longo dos anos. Alinhado às prioridades estratégicas do Pacto, o documento reafirma o papel do conhecimento como um dos pilares da restauração da Mata Atlântica, contribuindo para qualificar políticas públicas, subsidiar tomadas de decisão e fortalecer a troca de experiências entre os diversos atores que constroem, diariamente, a restauração em escala no Brasil.

Boa leitura e que este guia sirva para registrar o que aprendemos até aqui, mas também para iluminar os caminhos que ainda temos pela frente.

Julio Tymus

Líder do GT Conhecimento do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica

INTRODUÇÃO

A restauração de ecossistemas é empregada com várias finalidades: mitigação e adaptação às mudanças climáticas, recuperação da biodiversidade e da integridade ecológica, minimização de riscos de zoonoses, bem-estar humano e provisão de vários outros serviços ecossistêmicos ou meramente visando ao atendimento a exigências legais. Independentemente das finalidades, implantar um bom projeto de restauração requer a definição de objetivos claros, de um ecossistema de referência e de metas intermediárias para acompanhamento de desempenho e adoção de ações corretivas. Essas definições são seguidas por um plano de ação, que traz os métodos de restauração a serem executados e os procedimentos operacionais apropriados, escolhidos com base no diagnóstico ambiental prévio e, de forma não menos importante, as estratégias de monitoramento que serão adotadas ao longo do tempo. Neste cenário pragmático, o sucesso da restauração será sempre contexto-dependente, definido a partir dos objetivos e das condições em que o projeto é implementado. Por isso, em vez de seguir receitas específicas, o planejamento da restauração deve ser feito de forma aderente ao contexto particular de cada projeto.

O monitoramento, caracterizado pela coleta e análise de indicadores ao longo do tempo, é essencial para avaliar se **projetos e programas de restauração** estão atingindo os objetivos para os quais foram implantados. Monitorar é crucial não apenas para gerar e comunicar resultados, mas também para orientar ações corretivas e subsidiar o **manejo adaptativo** quando a trajetória de recuperação estiver aquém do esperado. Além disso, o monitoramento contribui para avaliar a qualidade e a integridade ecológica e social das iniciativas de restauração, fortalecendo mecanismos de transparência das ações e reduzindo riscos de comunicação ambiental inadequada e de práticas de *greenwashing*.

Diversos protocolos de monitoramento foram criados nas últimas décadas no Brasil, definindo indicadores e detalhando procedimentos de coleta de dados em projetos e programas de restauração. Estes incluem o "[Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal](#)", documento pioneiro sobre monitoramento da restauração na Mata Atlântica, elaborado em 2011 e revisado em 2013, e o "[Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e Amazônia via sensoriamento remoto](#)", publicado em 2024. Ambos foram elaborados pelo Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, sendo o último desenvolvido em colaboração com a Aliança pela Restauração na Amazônia.

Esses protocolos serviram de base para o desenvolvimento dos volumes [2](#) e [3](#) do Saberes da Restauração do Pacto e para a elaboração de vários documentos orientadores e protocolos por órgãos ambientais estaduais e organizações da restauração, cada qual adaptado às características ecológicas, sociais e operacionais de sua região e aos recursos e mecanismos legais existentes em cada contexto. De modo geral, esses protocolos também dialogam com os "[Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica](#)" da *Society for Ecological Restoration* (SER) e outros referenciais internacionais de monitoramento.

Desenvolver um protocolo para monitoramento da restauração para um bioma inteiro demanda grande investimento de tempo, além de recursos humanos e financeiros. Mesmo quando bem elaborado, seus resultados podem não contemplar todas as especificidades regionais e objetivos específicos pretendidos, deixando de atender de forma integral àqueles que atuam com restauração no bioma. Além disso, esses protocolos tendem a se tornar desatualizados à medida que novas ferramentas e tecnologias surgem, processo que atualmente ocorre de forma acelerada, especialmente com os avanços em sensoriamento remoto, automação de dados e integração entre monitoramento de campo e geotecnologias. Por outro lado, os princípios e diretrizes que orientam o monitoramento permanecem estáveis ao longo do tempo.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

O Pacto entende que, em vez de propor um novo protocolo único e detalhado de monitoramento da restauração na Mata Atlântica, **é mais apropriado, neste momento, indicar diretrizes gerais que orientem instituições, restauradores e gestores na construção ou adaptação de seus próprios protocolos**, considerando seus objetivos específicos e peculiaridades regionais.

Isso se deve especialmente à amplificação e diversificação dos contextos e motivações dos projetos de restauração, que num primeiro momento, até meados de 2020, focavam quase exclusivamente no cumprimento de demandas legais e recuperação da biodiversidade de forma ampla, e hoje incluem também a geração de créditos de carbono e biodiversidade, a produção de madeira e produtos não madeireiros, a conservação de grupos específicos de espécies, a geração de benefícios sociais e econômicos para as comunidades envolvidas, dentre outros aspectos. Neste sentido, este documento, voltado a gestores de projetos, agentes de órgãos ambientais reguladores, captadores de recursos e potenciais financiadores, apresenta 10 boas práticas para o monitoramento da restauração, trazendo indicações de protocolos já existentes, considerações importantes e orientações gerais para apoiar a construção e implementação de protocolos de monitoramento. Embora o documento tenha como foco a Mata Atlântica, suas diretrizes são amplamente aplicáveis ao monitoramento de outros ecossistemas e biomas, em particular os florestais.

1. RECONHEÇA O MONITORAMENTO COMO UMA ETAPA ESSENCIAL DA RESTAURAÇÃO



ACERVO APREMAVI

Restaurar ecossistemas requer realizar diferentes etapas em sequência: definir metas e objetivos, diagnosticar as áreas a serem restauradas e seu entorno, executar uma ou mais técnicas de restauração com base nesse diagnóstico e monitorar, ao longo do tempo, tanto a eficácia das técnicas executadas quanto o alcance dos objetivos inicialmente estabelecidos. Portanto, o monitoramento é parte indissociável do processo de restauração, assim como o diagnóstico e a implantação das técnicas de restauração. Numa analogia simples, restaurar é como atuar como um bom médico: é preciso diagnosticar, prescrever um tratamento ou técnica, executá-los adequadamente e, obviamente, acompanhar o paciente. Na restauração, o paciente é o ecossistema em restauração, que precisa ser monitorado ao longo do tempo, e submetido a novas ações, caso os tratamentos de restauração prescritos não estejam atingindo os resultados esperados.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Somente por meio do monitoramento é possível gerar dados para avaliar as ações de restauração e orientar novas intervenções quando os resultados do projeto não são os esperados. É também por meio do monitoramento que são compiladas informações em larga escala e construídas bases sólidas sobre os impactos e benefícios da restauração para os ecossistemas e para as pessoas. Além disso, essa compilação contribui não só para o avanço da ciência e o aprimoramento da prática da restauração ao longo do tempo, mas também para a verificação qualitativa do progresso em relação às metas por bioma (como os 15 milhões de hectares do Pacto), nacionais (como os 12 milhões de hectares do Planaveg no Brasil) e globais de restauração (Desafio de Bonn e Década da ONU da Restauração de Ecossistemas).

Em termos práticos, torna-se imprescindível que o monitoramento, com suas etapas e respectivos custos, seja incluído nas propostas de projetos e programas de restauração apresentados para financiamento e captação de recursos. A participação do monitoramento no custo total de um projeto de restauração varia conforme os objetivos definidos, a escala espacial de implementação – incluindo possíveis ganhos de economia de escala –, o nível de complexidade metodológica e as demais especificidades técnicas, operacionais e socioambientais do projeto.

Recomenda-se que o custo do monitoramento de um projeto seja estimado a partir da definição prévia dos períodos em que as atividades de monitoramento serão realizadas ao longo do tempo, considerando para cada ciclo, os custos associados à:

- 1) coleta de dados, no campo ou por sensoriamento remoto;
- 2) sistematização, processamento e análise dos dados; e
- 3) elaboração de relatórios técnicos por equipe qualificada.

A previsão e a descrição clara do monitoramento em propostas de projetos e programas de restauração contribuem para consolidar essa etapa como componente indissociável do processo de restauração.

2. MONITORE A QUALIDADE DAS AÇÕES DE RESTAURAÇÃO E NÃO APENAS A QUANTIDADE

Contabilizar e reportar hectares em processo de restauração é fundamental para verificar se objetivos e metas de implantação da restauração estão sendo alcançados, especialmente quando tratamos de restauração em larga escala. Porém, informar apenas quantos hectares estão em restauração não permite avaliar a qualidade dessas áreas e nem a eficácia das ações realizadas. Além disso, a simples quantificação de áreas não é, a rigor, monitoramento da restauração, mas apenas reportar a extensão das áreas em restauração. O monitoramento vai além do simples reporte, pois envolve a avaliação periódica das áreas, baseada na coleta e análise de indicadores que expressam a qualidade e a trajetória da restauração.

O Pacto apoia seus membros no reporte de áreas de restauração, consolidando informações sobre as iniciativas de restauração desenvolvidas no bioma. Para garantir a padronização e a qualidade dos dados, o Pacto estabelece [critérios e parâmetros para o cadastramento dessas áreas](#).

Para realizar o reporte, a instituição responsável pela iniciativa deve encaminhar as informações conforme o padrão definido pelo Pacto, incluindo os arquivos vetoriais contendo os polígonos das áreas em processo de restauração e os dados da iniciativa, conforme os campos obrigatórios de cadastro.

Para maiores informações entrar em contato com a secretariaexecutiva@pactomataatlantica.org.br e geoespacial@pactomataatlantica.org.br.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

O número de hectares em restauração é geralmente estimado em larga escala espacial. Nestas contabilizações, é difícil separar e contabilizar apenas as áreas cuja qualidade foi atestada pelo monitoramento no campo. Entretanto, quando o levantamento é feito via sensoriamento remoto e fotointerpretação, com imagens atualizadas por sensores orbitais ou ortomosaicos advindos de drones, é possível usar ferramentas que atestem um nível mínimo de qualidade das áreas em restauração.

Especificamente para restauração florestal, recomendamos que iniciativas que reportam hectares em processo de restauração contabilizem, sempre que possível, apenas as áreas que atinjam padrões mínimos de qualidade, como adequada cobertura do solo por copas de árvores nativas, atributo que é possível de ser avaliado com ferramentas de sensoriamento remoto e fotointerpretação. O reporte do incremento de área de copa pode ser realizado, por exemplo, pela obtenção de índices de vegetação multitemporais (e.g. NDVI), indicando o aumento de atividade fotossintética e o controle de matocompetição. Também pode ser reportado por técnicas de fotogrametria com imagens de drones, mensurando a área e o volume de copa, em contraste com clareiras e vazios existentes.

É importante destacar que indicadores espectrais, como cobertura de copa e NDVI, não informam diretamente sobre a identidade das espécies, a composição da comunidade, a regeneração sob o dossel ou a recuperação da fauna. O aumento do sinal espectral também pode estar associado à presença de espécies exóticas, invasoras ou formações vegetais de baixa qualidade ecológica. Por essa razão, a interpretação desses índices deve ser sempre apoiada por validação de campo e pela integração com indicadores ecológicos locais, evitando conclusões equivocadas sobre a qualidade da restauração baseadas exclusivamente em dados de sensoriamento remoto.

Além disso, ainda é frequente que comunicações de restauração florestal reportem resultados com base no número de mudas de árvores plantadas. A razão é simples: em 1 ha geralmente são plantadas 1.667 mudas de árvores (espaçamento de 3×2 m entre mudas). Não é difícil imaginar um projeto que informe 1.000.000 de mudas plantadas e nem reconhecer que comunicar este número é mais impactante e assimilável à maioria das pessoas do que informar que aproximadamente 600 hectares foram restaurados, área correspondente caso se utilize essa densidade padrão de plantio (600×1.667 mudas).

Embora o número de mudas de árvores seja um indicador expressivo e facilmente compreensível do esforço e dos recursos despendidos por um projeto, ele deve ser usado com cautela. Primeiro, só faz sentido reportar mudas de árvores plantadas como um resultado quando o plantio de mudas é a técnica de restauração; **mudas plantadas não é um indicador universal, comparável, e por isso não deve ser o preferido**. Além disso, sozinho, o número de mudas plantadas não informa claramente a quantidade de área em restauração, já que isso depende da densidade de plantio, e tampouco diz sobre o sucesso, a qualidade ou o estado destas áreas após o plantio. Por fim, árvores plantadas como uma métrica de monitoramento só é apropriada quando se trata predominantemente de espécies nativas e quando o ecossistema em restauração é uma floresta ou outro em que árvores constituem um componente estrutural dominante.



ACERVO DAP

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Em termos práticos, se você está propondo ou coordenando um projeto ou programa de restauração, não estabeleça metas e indicadores de monitoramento baseados somente no número de mudas de árvores plantadas (ou na quantidade de sementes usadas na semeadura direta).

Prefira metas que expressem quantos hectares estão sendo restaurados com essa quantidade de mudas (ou sementes) e, sobretudo, estabeleça indicadores mínimos e universais da qualidade ecológica das áreas em restauração que possam ser reportados juntamente com a extensão das áreas. Como padrão mínimo, a literatura apoia o monitoramento da trajetória ecológica da restauração com um conjunto enxuto de indicadores universais de fácil coleta, medidos ao longo do tempo e comparados a valores de referência:

- 1) cobertura do solo por vegetação nativa;
- 2) riqueza de espécies nativas; e
- 3) densidade de espécies nativas, sendo os dois últimos às vezes restritos aos regenerantes.

3. BASEIE O MONITORAMENTO NOS OBJETIVOS DA RESTAURAÇÃO E USE OS RESULTADOS PARA ORIENTAR O MANEJO ADAPTATIVO

Toda vez que monitoramos algo, avaliamos se os objetivos traçados no início estão sendo atingidos. Assim, monitorar com eficácia depende de clareza quanto às metas e aos objetivos da restauração: onde se espera chegar em cada momento ao longo do tempo (meta) e o que se pretende alcançar ao final do processo (objetivos). Por isso, **é fundamental delinear metas e objetivos claros e mensuráveis para seu projeto ou programa de restauração, para, a partir deles, elaborar um plano de monitoramento.** Monitorar por si só, sem indicadores que permitam avaliar os objetivos e as metas, é desperdício de tempo e recursos preciosos, geralmente escassos, sem gerar os benefícios esperados.

Qualquer projeto de restauração visa recuperar um ecossistema degradado, aproximando-o, tanto quanto possível de sua versão não degradada em estrutura, função e composição de espécies. Esse deve ser o objetivo primordial da restauração e, consequentemente, de seu monitoramento: **avaliar se a trajetória ecológica da área em restauração está na direção do ecossistema restaurado ou do ecossistema de referência.** No entanto, outros objetivos específicos podem estar associados à restauração, como o acúmulo de biomassa e carbono, a conservação de espécies da fauna e flora, a eliminação de uma ou várias espécies invasoras, a produção madeireira ou não madeireira, o uso da área para fins recreacionais e/ou educacionais, a geração de renda e de oportunidades para as comunidades locais, o fortalecimento da participação social e muitos outros. Cada um desses objetivos adicionais demanda indicadores específicos de monitoramento.

Em um projeto relacionado à fixação de carbono, monitore o estoque de carbono ao longo do tempo. Em outro voltado a conservar uma espécie da fauna ou flora, avalie a população desta espécie no local ou na paisagem ao longo do tempo; isto se aplica também quando o objetivo é eliminar uma determinada espécie invasora. Se a restauração visa produzir madeira ou algum produto não madeireiro, estime essa produção periodicamente. Da mesma forma, quando o projeto envolve o acesso e o uso da área em restauração pela população do entorno, avalie como esse uso ocorre ao longo do tempo e como as pessoas percebem a restauração. Esse princípio deve ser aplicado a todos os objetivos específicos do projeto. A mensagem central é simples: um plano de monitoramento deve contemplar indicadores capazes de avaliar todos os objetivos e metas definidos no projeto ou programa de restauração.

Se esta forma de pensar for aplicada no planejamento e execução do monitoramento, os dados gerados serão úteis não só para aferir o sucesso do seu projeto frente aos objetivos traçados, mas para subsidiar o manejo adaptativo, ou seja, a execução de novas ações nas áreas em restauração quando os objetivos não estão sendo atingidos

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

nos prazos esperados. Por exemplo, se o monitoramento indicar que a quantidade de biomassa de uma área em restauração florestal está aquém da esperada para uma determinada idade, isso gera informações seguras para justificar novas ações (replântio, enriquecimento, adensamento, eliminação de espécies invasoras e outras), que corrijam a trajetória ecológica da área na direção do ecossistema de referência.

Para tornar essa relação mais operacional, recomenda-se estruturar o manejo adaptativo em uma sequência lógica: definição do indicador, estabelecimento de um valor esperado ou limiar, diagnóstico das causas do desvio observado, definição da ação corretiva e nova avaliação após sua execução. Por exemplo, uma densidade de regenerantes abaixo do valor esperado deve motivar a investigação de causas possíveis, como baixa chegada de propágulos, competição com gramíneas, herbivoria ou limitações edáficas, para então orientar decisões como controle de invasoras, enriquecimento, adensamento ou proteção adicional, seguidas de nova campanha de monitoramento para avaliar a efetividade da intervenção.

4. DIFERENCIE O MONITORAMENTO ECOLÓGICO DA MANUTENÇÃO E DO ACOMPANHAMENTO DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO

A manutenção corresponde a um conjunto de operações realizadas normalmente nos primeiros 2–3 anos após a execução das ações de restauração, podendo sua duração variar conforme o contexto. Há especificidades na forma como essas operações são executadas em cada técnica de restauração ecológica. Porém, de modo geral, a manutenção envolve operações de fertilização das mudas ou do solo, controle e remoção de plantas indesejáveis e manejo de pragas, especialmente o controle de formigas-cortadeiras.

Assim, na lógica de que a restauração tem três etapas de campo claras:

- 1) diagnóstico,
- 2) implantação das técnicas de restauração e
- 3) monitoramento.

A manutenção se enquadra na etapa de implantação das técnicas e não do monitoramento.

Entretanto, estas três frases estão interligadas e a manutenção pode e deve ser baseada em informações coletadas na área em restauração. Por exemplo, o controle de gramíneas invasoras ou de formigas-cortadeiras deve ocorrer quando estas atingem níveis capazes de prejudicar o desenvolvimento da vegetação em restauração. Para identificar essas situações, são necessárias avaliações orientativas realizadas durante o acompanhamento da área ou monitoramento.

Além da manutenção em si não ser uma etapa do monitoramento, é importante destacar que o acompanhamento inicial das áreas em restauração (especialmente nos primeiros meses) e a coleta de dados diretamente conectados às técnicas de restauração não configuram o monitoramento da restauração em si. O monitoramento está conectado a objetivos maiores e finais do processo de restauração ecológica. **Já o acompanhamento inicial de uma técnica escolhida para execução em uma área de restauração é frequentemente chamado de acompanhamento ou avaliação da técnica de restauração.** Embora o acompanhamento difira do monitoramento do sucesso ecológico da restauração, ele é essencial para verificar se uma técnica de restauração foi corretamente executada e para decidir sobre tratamentos culturais, manutenções e reexecuções de ações (como replântio ou ressemeadura) ainda nos primeiros anos após a execução das técnicas. É improvável que a restauração seja bem-sucedida em áreas onde a implantação ou a manutenção não foram adequadamente realizadas.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

É comum que o acompanhamento seja feito nos 2 a 3 primeiros anos, quando, especialmente nas áreas de plantio ou sementeira, ainda não há sentido em avaliar indicadores de trajetória e de processos ecológicos, como a cobertura do solo por copas ou a riqueza e densidade da regeneração natural. Para esses anos iniciais não há muitas recomendações específicas nos protocolos existentes de indicadores a serem coletados e reportados, exceção feita ao ["Protocolo Para Monitoramento da Restauração Florestal"](#) elaborado pela Iniciativa Caminhos da Semente para avaliação de áreas de sementeira direta. Nesse sentido, a diretriz é que no período de manutenção, o acompanhamento das áreas em processo de restauração colete dados básicos que permitam inferir sobre a qualidade de execução das técnicas adotadas (Tabela 1).

Tabela 1. Sugestões de indicadores para acompanhamento e avaliação das principais técnicas de restauração florestal na Mata Atlântica nos primeiros anos após a execução. Regenerante: indivíduo não plantado de espécie arbórea ou arbustiva, com altura ≥ 50 cm.

TÉCNICA DE RESTAURAÇÃO	INDICADORES DE ACOMPANHAMENTO	JUSTIFICATIVA
Regeneração natural ou regeneração natural assistida (condução da regeneração natural)	Densidade de regenerantes (plantas.ha ⁻¹)	Não há introdução de propágulos (sementes ou mudas) nestas técnicas. Portanto, o objetivo nos primeiros anos é avaliar se a regeneração natural existente tem abundância suficiente para conduzir a recuperação.
Plantio de mudas	Percentual de sobrevivência das mudas (total e por espécies) Densidade de mudas e regenerantes (total e por espécie, plantas.ha ⁻¹)	É importante que haja alta sobrevivência das mudas plantadas para que estas criem uma estrutura florestal e promovam a cobertura da área já nos primeiros anos. Em muitos contextos, recomenda-se replantio quando a sobrevivência é inferior a 90%. Na avaliação da densidade de árvore por hectare, devem ser consideradas as mudas plantadas e os regenerantes que existirem.
Sementeira direta	Percentual de estabelecimento (total e por espécies) Densidade de plântulas por hectare (total e por espécie, plantas.ha ⁻¹)	O percentual de estabelecimento é calculado com base na quantidade de sementes dispostas na área na sementeira. Por exemplo, se foram semeadas 100 sementes e há 40 plântulas na área, o percentual de estabelecimento é 40%. Esse indicador é o principal indicador de sucesso inicial da técnica de sementeira. Para informações sobre percentuais esperados de estabelecimento para diferentes espécies, consulte a Iniciativa Caminhos da Semente . A densidade de plântulas inclui indivíduos oriundos tanto da sementeira quanto da regeneração natural. Dependendo da forma como a sementeira é realizada (por exemplo, sementeira a lanço), pode não ser possível distinguir essas origens.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Adicionalmente, quando a técnica de restauração incluir o controle de espécies indesejáveis como gramíneas invasoras ou outras, o que ocorre com frequência, é recomendável acompanhar a regeneração dessas espécies na área por meio de indicadores específicos, uma vez que essa dinâmica define os momentos adequados de controle e é frequentemente uma das principais causas de insucesso inicial na implantação da restauração. Além disso, reconhece-se a restauração produtiva, por meio de sistemas agroflorestais e modelos com produção madeireira, como abordagens possíveis e interessantes para se atingir a restauração florestal. Contudo, devido à grande variabilidade entre esses modelos, não foram incluídos neste documento procedimentos específicos para avaliação de suas técnicas de implantação.

Especialmente nas áreas de plantio e semeadura, o acompanhamento deve ser mais frequente nos primeiros meses após a execução da técnica, tornando-se menos frequente ao longo do tempo. A maior frequência inicial é importante para detectar precocemente falhas de execução ou danos significativos decorrentes de eventos inesperados, e assim permitir a adoção rápida de ações corretivas. Aos órgãos responsáveis pela avaliação de projetos de restauração, sugerimos que a coleta e a informação destes indicadores nos anos iniciais sejam padronizados. Uma padronização permitirá gerar dados comparáveis e, futuramente, valores de referência, facilitando a coleta e avaliação da fase de implantação para as principais técnicas de restauração.

5. DEFINA O QUE, COMO E QUANTO AMOSTRAR AO ELABORAR UM PROTOCOLO

Caso não encontre um protocolo específico de monitoramento que atenda às suas demandas e especificidades, é possível construir um protocolo próprio. Um protocolo de monitoramento é um documento que estabelece regras e procedimentos claros e padronizados, permitindo a comparação do desenvolvimento das áreas em restauração entre si e com áreas e valores de referência. As principais orientações para elaborar um protocolo próprio são:

a) Estabeleça metas e objetivos avaliáveis à restauração

O passo inicial para criar um protocolo de monitoramento é definir metas e objetivos mensuráveis, ou seja, convertidos em números, de modo que possam ser avaliados ao longo do tempo. Se um objetivo da restauração é hipoteticamente ter uma floresta rica em espécies (grupo biológico propositadamente não definido, pois é apenas um exemplo), transforme esse objetivo em algo como alcançar 100 espécies na minha área em restauração. E, para aferir isto ao longo do tempo, crie metas (objetivos intermediários): na idade 1 espero ter 30 espécies, na idade 2, 60 espécies e assim por diante. Mas esse, reforçamos, é apenas um exemplo didático. Estabelecer metas e objetivos mensuráveis é algo mais complexo que o exemplo acima, especialmente para objetivos ecológicos, pois demanda um conhecimento aprofundado dos processos ecológicos do ecossistema alvo da restauração. Embora o exemplo dado seja para um objetivo ecológico, a lógica se aplica para qualquer meta ou objetivo da restauração, inclusive os socioeconômicos e de gestão.

b) Defina indicadores e valores de referência

Indicador é uma variável usada para medir o progresso de um processo ou fenômeno ao longo do tempo. É por meio da mensuração de indicadores ao longo do tempo que monitoramos se cada objetivo da restauração está sendo alcançado. Para construir um protocolo de monitoramento, selecione bons indicadores para os objetivos do seu projeto.

Um bom indicador é:

- 1) fácil de ser medido;
- 2) fácil de ser interpretado;
- 3) barato para ser coletado; e
- 4) capaz de expressar bem a variação do processo medido ao longo do tempo, sob diferentes condições socioambientais.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Um protocolo deve contemplar, no mínimo, os indicadores capazes de acompanhar cada meta ou objetivo estabelecido para o projeto ou programa de restauração. No entanto, recomenda-se priorizar protocolos simples e economicamente viáveis, com um conjunto enxuto de indicadores essenciais, de modo a garantir sua aplicabilidade, reduzir custos operacionais e favorecer a continuidade do monitoramento ao longo do tempo. Assim, selecionar apenas os melhores indicadores é um desafio. Nesse sentido, um indicador que se relaciona de modo previsível com vários processos ecológicos ou outros aspectos socioambientais da área em restauração é preferível aos demais, pois, por meio da medição deste único indicador, podemos estimar ou prever muitos outros indicadores e assim inferir sobre vários aspectos da área em restauração.

Além disso, devemos buscar indicadores universais e comparáveis, ou seja, que possam ser medidos em qualquer área e, consequentemente, usados para avaliar a restauração independentemente da técnica utilizada. Por isso, é preferível medir densidade e riqueza de plantas nativas à sobrevivência de mudas ou percentual de estabelecimento na semeadura, pois enquanto os dois primeiros se aplicam a qualquer área, os demais servem apenas para técnicas específicas de restauração. E é por isso também que os indicadores majoritariamente usados para avaliar o sucesso ecológico da restauração são:

- 1) **recobrimento do solo por vegetação nativa;**
- 2) **densidade da regeneração natural; e**
- 3) **riqueza da regeneração natural.**

Podemos avaliar esses indicadores em qualquer sítio, independentemente da técnica de restauração usada, visto que restabelecer a cobertura por vegetação nativa e a regeneração natural são requisitos básicos para a restauração de qualquer ecossistema terrestre. Além disso, ao usarmos indicadores universais, temos a possibilidade de comparar as áreas entre si, inferindo sobre como diferentes técnicas, tipos de vegetação e aspectos socioambientais influenciam os processos de restauração.

Um protocolo pode conter de um a muitos indicadores. A natureza dos indicadores é bastante variável. Há indicadores qualitativos, baseados em categorias de resposta, cuja avaliação gera informações como existe ou não e pouco ou muito, e há indicadores quantitativos, cuja medição gera valores numéricos. A priorização de indicadores qualitativos ou quantitativos em um protocolo depende dos objetivos do monitoramento.

Além disso, há **indicadores de causa (*leading indicators*)** e **indicadores de consequência (*lagging indicators*)**. Enquanto indicadores de consequência indicam se algo está bem ou mal na restauração, os de causa permitem identificar a origem dos problemas e são recomendados para a definição de ações de manejo adaptativo. A quantidade de árvores numa área em restauração florestal, por exemplo, é um indicador de consequência, mas o indicador de causa associado pode ser mortalidade de mudas (no plantio de mudas) ou percentual de estabelecimento de plântulas (na semeadura). Os protocolos para cumprimento legal (ver item 6) são normalmente constituídos de indicadores de consequência, pois os órgãos ambientais se preocupam apenas em atestar ou não um sucesso mínimo das ações de restauração. Porém, os protocolos usados pelos restauradores em muitos casos devem conter também indicadores de causa que auxiliem na decisão sobre ações de manejo adaptativo.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Além de definir indicadores, é necessário definir valores de referência, ou seja, os valores esperados para cada indicador ao longo do tempo da restauração. Existem valores de referência intermediários, que aumentam ou diminuem ao longo do tempo, e existem valores de referência finais, que são aqueles a serem atingidos com a restauração. Definir valores de referência é complexo e exige definirmos também o ecossistema de referência. Mesmo que usemos os mesmos indicadores para monitorar diferentes ecossistemas, cada ecossistema pode ter valores de referência específicos. Vale mencionar ainda que, em alguns casos, é relevante e, em outros, fundamental mensurar uma linha de base ainda na fase de diagnóstico prévio à implantação da restauração. A linha de base corresponde ao valor de um determinado indicador antes do início do projeto e serve como referência para avaliar sua evolução ao longo do tempo em relação à condição pré-restauração.

Além disso, um ponto importante é entender que, no monitoramento dos indicadores ecológicos, por exemplo, usualmente não monitoramos a restauração pela comparação direta com o ecossistema de referência, pois frequentemente os valores de muitos indicadores coletados nas áreas em restauração demoram décadas ou até séculos para atingir os encontrados nos ecossistemas de referência. Geralmente, o que fazemos é monitorar a trajetória ecológica, ou seja, a rota seguida pelo indicador ao longo do tempo. Assim, nos principais protocolos existentes, os valores de referência crescentes ou decrescentes ao longo do tempo nos indicam se a restauração caminha em uma direção ao ecossistema de referência, sem necessariamente que o valor de referência final do indicador seja igual ou próximo ao encontrado no ecossistema de referência. Nesta abordagem de monitoramento da trajetória ecológica, os valores de referência finais sugerem apenas que, em condições normais, espera-se que a área em restauração siga, por conta própria, rumo ao ecossistema de referência.

É importante reconhecer que a trajetória ecológica não é necessariamente linear ou totalmente previsível. Eventos como secas prolongadas, incêndios, geadas, tempestades, inundações e surtos de pragas podem reduzir temporariamente os valores dos indicadores, alterar a composição da comunidade ou deslocar a área para uma rota distinta daquela inicialmente esperada. Os valores de referência intermediários não devem, portanto, ser interpretados como uma sequência rígida e obrigatória, e o diagnóstico do manejo adaptativo precisa ser capaz de distinguir entre falhas de implantação, limitações persistentes do sítio e respostas a eventos excepcionais de origem climática ou biótica.

Mesmo quando usamos a abordagem de monitorar a trajetória ecológica, devemos definir com eficácia **valores de referência intermediários e finais** atingíveis e que reflitam uma trajetória ecológica no sentido do ecossistema de referência. Esses valores podem vir de produções científicas (artigos, livros, teses e dissertações) ou da coleta de dados primários via inventários em áreas conservadas próximas às áreas de restauração. E, de modo importante, podem ser ajustados ao longo do tempo, via conhecimento acumulado pela compilação e análise de dados de monitoramento coletados pelos restauradores ao longo do tempo. Nesse sentido, estimular redes que compilam dados de monitoramento e estabelecem valores de referência específicos é desejável. Além disso, recomenda-se que aqueles que aplicam protocolos de monitoramento compilem seus próprios resultados de monitoramento em diferentes momentos e locais, usando-os como forma de gerar valores de referência adequados às suas condições regionais e peculiaridades. Sistemas que façam isso de modo mais automatizado, tanto a coleta no campo como o acúmulo e processamento de banco de dados, devem ser almejados pelos que praticam o monitoramento da restauração.

Por fim, por mais que as explicações acima estejam focadas no monitoramento ecológico, a abordagem de avaliação da trajetória pode e é recomendada também para vários indicadores socioeconômicos e de gestão.

c) Defina um processo de monitoramento

Uma vez definidos os indicadores e os valores de referência, é necessário definir um processo de coleta dos indicadores de monitoramento e sua frequência – seria a definição de como, quanto e quando monitorar.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

A forma de coleta dos indicadores varia de acordo com a disponibilidade de recursos e a natureza do indicador. Indicadores ecológicos são geralmente coletados por um processo de amostragem por parcelas instaladas no campo. Toda vez que fazemos uma amostragem, inferimos sobre um todo (a área de restauração) com base em amostras (o conjunto de parcelas). Portanto, essas amostras têm que ser representativas do todo para que o erro amostral, que sempre existe na amostragem, seja minimizado.

Quanto mais as amostras forem diferentes entre si, maior o erro amostral. E quanto menos as parcelas forem fidedignas do todo, menos os dados gerados serão confiáveis e apropriados para a tomada de decisão. Por isso, devemos considerar, num protocolo de monitoramento baseado em parcelas no campo:

- 1) a amostragem independente e separada de áreas em restauração que diferem para técnica de restauração usada, idade, tipos de solo e outros fatores que levam à heterogeneidade entre áreas – que alguns chamam de amostragem estratificada, tendo cada estrato um conjunto de características únicas que tornam suas áreas mais similares;**
- 2) a distribuição das parcelas na área de cada estrato definido no item anterior, de forma sistemática (seguindo regras predefinidas de espaçamento ou localização) ou aleatória (por meio de sorteio de suas posições), evitando-se sua alocação intencional com base na condição da restauração observada em campo.**

Adicionalmente, a estratificação amostral deve considerar, sempre que possível, atributos da paisagem no entorno da área em restauração, como conectividade estrutural e funcional com remanescentes de vegetação nativa, distância a fontes de propágulos, grau de isolamento, efeitos de borda e permeabilidade da matriz. Áreas com valores semelhantes de cobertura do solo, riqueza ou densidade de regenerantes podem apresentar trajetórias ecológicas distintas em função desse contexto, o que reforça a necessidade de incorporar esses atributos como critérios adicionais de estratificação, ao lado da técnica de restauração, da idade e do tipo de solo.

Uma pergunta importante é quantas parcelas ou área amostrar, pois isto afeta esforços, custos e qualidade dos resultados. Na amostragem por parcelas, podemos:

- 1) definir um percentual da área a ser amostrada, ou
- 2) fixar um número de parcelas por hectare em restauração.

Em ambos os casos, conseguimos prever o número de parcelas *a priori*, antes de ir a campo e podemos, depois da amostragem no campo, calcular o erro amostral de cada indicador. Outra forma é definir não uma área ou número de parcelas a ser amostrada, mas um erro amostral máximo aceitável (10-20%), inserindo parcelas na área até que esse erro amostral seja reduzido ao máximo aceitável.

Cabe ressaltar que o aumento do número de parcelas não garante, por si só, maior confiabilidade dos resultados. Parcelas muito próximas entre si ou concentradas em uma única condição ambiental podem compartilhar as mesmas características e gerar uma falsa sensação de precisão, sem de fato representar a heterogeneidade da área. Assim, além de definir a quantidade e o tamanho das parcelas, a amostragem deve preservar, na medida do possível, a independência entre as unidades amostrais, e esses parâmetros devem ser ajustados de acordo com o indicador monitorado, sua variabilidade esperada e a capacidade necessária para detectar mudanças ecologicamente relevantes.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica



Formas de se calcular o erro amostral, vantagens e desvantagens, critérios de inclusão e formas de se medir os principais indicadores ecológicos e outras discussões pertinentes podem ser acessadas no capítulo “Monitoramento de campo vinculado ao sensoriamento remoto: conceitos e orientação geral”, disponível no [“Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e Amazônia via sensoriamento remoto”](#).

O tamanho e o formato das parcelas também devem ser pensados. Tamanhos maiores reduzem a diferença entre parcelas e consequentemente o erro amostral; por outro lado, aumentam o esforço de coleta em cada parcela e limitam quantas parcelas conseguimos amostrar em uma dada área. Como os principais indicadores de monitoramento ecológico da restauração são 1) cobertura do solo por copas e 2) densidade e 3) riqueza de regenerantes (árvores e arbustos não plantados, com diâmetro do caule de até 5 cm), os principais protocolos vigentes têm usado parcelas pequenas (4 × 25 m, 100 m²), o que favorece o monitoramento do estabelecimento inicial da floresta, mas restringe a quantificação de outros indicadores, como o carbono em médio e longo prazo. Porém, não há impedimentos para o formato e a área das parcelas serem outros em novos protocolos. Aliás, parcelas de 100 m² são muito pequenas para amostragem de árvores maiores ou adultas, pois este indicador tende a variar muito nesta pequena escala, gerando alto erro amostral. Assim, se indicadores importantes do monitoramento dependem da amostragem de árvores maiores ou adultas, como a biomassa ou o carbono da área, defina parcelas maiores (ex.: 1.000 m² ou mais). Vale ressaltar que é plenamente possível e comum que apenas alguns indicadores sejam coletados na área total de parcelas grandes, enquanto outros, como os indicadores de regeneração natural, sejam coletados em subparcelas menores dentro desta, tornando a coleta de dados mais eficiente.

Além disso, é preciso levar em consideração o tamanho e as características da área a ser monitorada no momento de instalação das parcelas em campo. Parcelas muito grandes são difíceis de serem implantadas em Áreas de Preservação Permanente (APPs), que costumam ter largura limitada. Nesses casos, quando houver necessidade de trabalhar com parcelas grandes, uma alternativa é subdividir a parcela em subunidades menores, implantadas de forma adjacente ou paralela, sem alterar a área total amostrada.

Outra questão relevante é se parcelas devem ser permanentes (fixas) ou móveis (variáveis). Normalmente o monitoramento envolve várias coletas ao longo do tempo e podemos coletar os dados num segundo momento no mesmo local da amostragem anterior (parcelas permanentes) ou instalarmos novas parcelas (parcelas móveis). Parcelas permanentes exigem que suas coordenadas sejam registradas com precisão na primeira campanha de monitoramento ou que marcos duradouros sejam instalados no campo para localização futura, ou seja, dão mais trabalho e são mais caras. Porém, são preferidas, pois com elas eliminamos a variação espacial como fonte de diferença entre avaliações e adicionamos a possibilidade de acompanhar a sobrevivência e o crescimento indi-

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

vidual, por exemplo, medindo os regenerantes ou as mudas plantadas que estão dentro da parcela ao longo do tempo. Uma alternativa é considerar uma amostragem híbrida, com parte das parcelas móveis e outra parte com parcelas permanentes, de forma a conciliar as vantagens de ambas.

Por fim, defina quando monitorar. Se, por um lado, quanto mais frequente melhor, por outro, cada campanha representa um custo. Intensifique a amostragem nos primeiros anos caso tenha o objetivo de avaliar a técnica de restauração usada e queira tomar decisões mais cedo, e espere posteriormente para amostragens a cada 2, 3 ou 5 anos, ajustando, obviamente, esta periodicidade aos objetivos do monitoramento, que muitas vezes levam em consideração o atendimento a mecanismos legais ou outras questões que definem prazos específicos de informação dos dados.

Vale ressaltar que, em alguns casos atípicos, indicadores podem não ser amostrados, mas coletados na área total, o que é preferível, já que nestes casos não há erro amostral. É o caso da avaliação da cobertura do solo por copa feita com imagens de satélite ou de sensores acoplados a drones. Nestes casos, em vez de mensurar em parcelas, todos os trechos cobertos por copa em toda a extensão do polígono de restauração são mensurados. Esta é uma das vantagens do sensoriamento remoto no monitoramento e uma justificativa para que, sempre que possível, avancemos no tema e consideremos estas possibilidades no desenvolvimento de protocolos.

Além disso, nem sempre um indicador exige coleta de dados em parcelas ou no campo. Na técnica de plantio de enriquecimento, por exemplo, plantamos mudas de árvores nativas sob um dossel de uma floresta degradada, num espaçamento geralmente irregular e amplo. Caso nosso objetivo seja monitorar essa ação de enriquecimento, mais que lançar parcelas no campo, devemos acompanhar individualmente as mudas plantadas. Assim, enquanto alguns indicadores são monitorados em parcelas de área fixa, outros são monitorados com base em indivíduos. Já os indicadores que não são ecológicos, como os socioeconômicos ou de gestão, são de outra natureza e geralmente não monitorados em parcelas, mas coletados por meio de muitas outras estratégias. Estas variações reforçam que a construção de um protocolo deve levar em consideração os objetivos e peculiaridades de cada programa de restauração.

6. CONSULTE PROTOCOLOS OFICIAIS DE MONITORAMENTO CASO A RESTAURAÇÃO SEJA REALIZADA PARA ATENDER DEMANDAS LEGAIS

A partir da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN 12.651/2012), vários estados passaram a desenvolver protocolos oficiais de monitoramento ecológico da restauração visando atestar a restauração não voluntária feita por terceiros (aquela feita para atender à LPVN, licenciamentos, TAC, TCRA etc.). Estes protocolos são no geral simples e focados em poucos indicadores de consequência (*lagging indicators*), já que a preocupação dos órgãos ambientais não é identificar as causas e tomar decisões, mas apenas atestar se a restauração atingiu valores adequados para indicadores-chave.

Estes protocolos preveem monitoramento periódico e contém detalhes sobre como cada indicador deve ser coletado no campo. Além disso, se baseiam na avaliação da trajetória ecológica, trazendo valores de referência esperados para cada indicador ao longo do tempo e, no geral, consideram três indicadores principais:

- 1) **recobrimento do solo por vegetação nativa;**
- 2) **densidade da regeneração natural; e**
- 3) **riqueza da regeneração natural.**

Embora os indicadores sejam similares nos protocolos, a forma de coleta e, principalmente, os valores de referência mudam entre estados e entre tipo de vegetação.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

A publicação [“Os indicadores de resultado na restauração da vegetação nativa”](#) compila os protocolos estaduais que já haviam sido publicados até 2020, incluindo alguns estados inseridos na Mata Atlântica. Em 2024, a publicação [“Indicadores da Vegetação para o Monitoramento e a Avaliação da Recuperação Ambiental”](#) analisou 35 protocolos de monitoramento no Brasil e constatou que 10 estados do Brasil já os possuem: Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Mato Grosso, Pará e Rondônia. Além disso, recentemente foram publicados os [“Resultados da Oficina de Indicadores para Monitoramento da Recuperação da Vegetação Nativa”](#), com recomendações de monitoramento para todos os biomas do Brasil. Esta última publicação é, no entanto, sugestiva, não tendo sido transformada, ainda, em protocolo oficial via publicação de normativa.

É importante conhecer esses protocolos oficiais pois, na maioria dos projetos e programas, a restauração ocorre, ao menos parcialmente, em áreas onde ela é legalmente exigida. Assim, recomenda-se que instituições que queiram desenvolver seus próprios protocolos de monitoramento avaliem previamente os protocolos oficiais, para que o protocolo construído contemple tanto os indicadores e procedimentos previstos nos protocolos oficiais da região quanto outros indicadores específicos necessários para monitorar seus objetivos específicos.

7. MONITORE CARBONO NA RESTAURAÇÃO COM METODOLOGIAS CONSOLIDADAS

Cada vez mais iniciativas de restauração são criadas tendo como objetivo mitigar as mudanças climáticas pela fixação de carbono. O monitoramento visando mensurar estoques de carbono na restauração é diferente do monitoramento ecológico, que visa avaliar a trajetória ecológica, muito embora a biomassa, base para o cálculo do estoque de carbono, seja também um indicador ecológico importante. Por outro lado, embora o monitoramento da biomassa possa atender simultaneamente aos objetivos de monitoramento do carbono e da restauração ecológica, ela não substitui outros indicadores necessários para avaliar a recuperação da biodiversidade e do funcionamento do ecossistema. Portanto, em projetos com objetivos múltiplos, o programa de monitoramento deve ser estruturado para contemplar cada um dos objetivos de forma explícita.

Monitorar os estoques de carbono em áreas de restauração visando posterior geração de créditos de carbono exige o emprego de métodos específicos, consolidados ou bem justificados, e o monitoramento ecológico usual ou o feito usando os protocolos oficiais acima não são suficientes para estes fins. O monitoramento do carbono nas áreas em restauração pode envolver estimativas de estoque em diferentes compartimentos de carbono do ecossistema em restauração (biomassa acima e abaixo do solo, solo, serapilheira e madeira morta), por meio de equações alométricas e outros métodos específicos. Como a biomassa nunca é medida de fato (com exceção dos poucos casos em que se realizam amostragens destrutivas), mas sim estimada, e há inúmeras etapas neste processo que podem propagar erros, é fundamental utilizar métodos confiáveis e reportar de forma transparente quais foram estes métodos, para que se possa avaliar potenciais vieses e limitações no processo.



ACERVO APREMAVI

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Entretanto, é importante destacar que gerar créditos de carbono comercializáveis e certificados por uma terceira parte independente é um processo mais amplo e complexo, com várias etapas que vão muito além de apenas monitorar os estoques de carbono nesses compartimentos. Muitas dessas etapas seguem regras e procedimentos bem estabelecidos, definidos por padrões de certificação, iniciativas e metodologias específicas, como [Verra](#), [Gold Standard](#), [Isometric](#), [Social Carbon](#) e [Carbonflor](#), entre outros.

Caso seu programa ou projeto de restauração tenha como objetivo quantificar os estoques de carbono, aplique métodos já consolidados e validados para estes fins, ou, na ausência de métodos aplicáveis, interaja com profissionais da área para conhecer ou desenvolver formas mais eficazes e eficientes de estimar estes estoques. Reforçamos também que o carbono é um meio para atingir a restauração do ecossistema, não o objetivo final. Para aprofundar mais sobre o tema, o Pacto lançou, em 2025, o documento "[Abordagem de carbono associado ao mercado voluntário no âmbito do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica](#)".

É importante destacar ainda que metodologias recentes de geração de créditos de carbono permitem incorporar florestas degradadas ou em estágios iniciais de regeneração, por meio de uma abordagem chamada de baseline dinâmico. Esta nova abordagem amplia as possibilidades de financiamento climático para a restauração de fragmentos florestais degradados ou para manejo da regeneração natural já estabelecida, ampliando as possibilidades da restauração para além das áreas onde a vegetação nativa já foi totalmente suprimida, conforme diretriz do item seguinte deste documento.

8. INCORPORA A AVALIAÇÃO DE FRAGMENTOS DEGRADADOS NA AGENDA DO MONITORAMENTO

Por definição, a restauração ecológica é o auxílio à recuperação de ecossistemas degradados e danificados e não apenas daqueles completamente destruídos e suprimidos. Nessa perspectiva, manejar e recuperar fragmentos de vegetação nativa que se encontram degradados também faz parte do escopo da restauração ecológica. Consequentemente, isso gera objetivos adicionais associados à restauração e esses fragmentos frequentemente também devem ser monitorados.

Tradicionalmente, a restauração é implantada onde a vegetação original foi completamente removida, enquanto a recuperação dos fragmentos de vegetação nativa remanescentes na paisagem é frequentemente negligenciada. Nas paisagens fragmentadas onde a restauração normalmente se concentra, estes fragmentos constituem os principais reservatórios de biodiversidade da paisagem e têm estoques consideráveis de carbono e biomassa. No entanto, muitos estão em degradação ou estagnados no processo de sucessão ecológica, repletos de espécies exóticas ou dominados por um grupo específico de espécies nativas que se tornam problemas, como bambus, samambaias e trepadeiras.

Não ocorre restauração plena sem interação entre a área em restauração e a paisagem na qual está inserida. E, se os fragmentos estão degradados, empobrecidos em biodiversidade e/ou dominados por espécies invasoras, eles podem comprometer o sucesso da restauração na paisagem como um todo, incluindo áreas onde a restauração é normalmente realizada, como as áreas de preservação permanente às margens dos cursos d'água.

Tanto ações de restauração quanto o monitoramento dos fragmentos de vegetação nativa remanescentes devem ser estimulados. Nossa diretriz é que ambos sejam incluídos na agenda da restauração, especialmente por aqueles que trabalham com a **restauração de florestas e paisagens** (*Forest and Landscape Restoration*).

É recomendado que os protocolos descritos neste livro acima sejam aplicados e sirvam para a elaboração de outros, simplificados ou mais adequados às realidades regionais. Estes protocolos incluem indicadores similares aos usados para o monitoramento das áreas em processo de restauração. Porém incluem também indicadores para monitorar as principais causas (*leading indicators*) e consequências (*lagging indicators*) da degradação em

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

remanescentes de vegetação nativa, como identificação e abundância de espécies invasoras e espécies nativas em dominância, em especial bambus e trepadeiras hiperdominantes, comumente consequências da degradação de remanescentes florestais na Mata Atlântica, ajudando na decisão sobre técnicas específicas de restauração a serem usadas nestas ocasiões. Por fim, sugerimos que órgãos ambientais e instituições de fomento à pesquisa promovam mais ações e discussões sobre a restauração e o monitoramento de fragmentos degradados, contribuindo para a geração de informações mais seguras sobre como realizar essas práticas de forma eficaz.

A restauração de fragmentos degradados é desafiadora, assim como é o monitoramento, pois o conhecimento sobre técnicas de restauração adequadas e sobre métodos para avaliar seus efeitos ao longo do tempo ainda é limitado. No entanto, já existem alguns protocolos específicos para monitoramento de fragmentos florestais degradados na Mata Atlântica, como os apresentados no livro [“Manejo de fragmentos florestais degradados”](#).



9. AMPLIE O OLHAR PARA ALÉM DA VEGETAÇÃO: FAUNA, RECURSOS HÍDRICOS, ASPECTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

Ainda que monitorar a vegetação seja uma forma relativamente fácil e bastante informativa de verificar a trajetória da restauração, o monitoramento de outros componentes é importante em muitos contextos, principalmente quando as razões motivadoras da restauração transcendem o cumprimento de exigências legais. Por isso, destacamos aqui alguns destes outros componentes da restauração. Embora saibamos que esses aspectos ainda demandam avanços para uso rotineiro, nosso objetivo é reforçar sua importância e a necessidade de acompanhá-los com atenção.

Cada vez mais, a restauração é vista como um processo contínuo e complexo que envolve pessoas. Por isso, monitorar aspectos socioeconômicos e compreender como a restauração afeta, direta e indiretamente, as comunidades locais e como estas comunidades afetam a restauração é relevante e coerente com uma visão integrada e socialmente justa da restauração. Em geral, o monitoramento socioeconômico requer o reconhecimento das especificidades de cada local, não sendo recomendado o estabelecimento de orientações excessivamente detalhadas, mas sim diretrizes adaptáveis respeitando a cultura e conhecimentos locais.



O Pacto incluiu em seu [“Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal”](#) de 2013, o monitoramento socioeconômico, por meio do Princípio Socioeconômico da Restauração Florestal (P2). O documento apresenta critérios, verificadores e indicadores destinados à avaliação dos impactos socioeconômicos associados às iniciativas de restauração. Além disso, estabelece que o monitoramento socioeconômico deve ser realizado, preferencialmente, em escala de programas de restauração, definidos como o conjunto de projetos conduzidos por uma

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

instituição ou por instituições parceiras em uma determinada região, não se restringindo a projetos individuais ou situações pontuais, como ocorre frequentemente no monitoramento ecológico.

O documento do Pacto (2013) é considerado uma proposta inicial de monitoramento socioeconômico que demanda ajustes, aprimoramentos e aplicação prática por instituições mais diretamente envolvidas com o tema. O Pacto, por meio da FT Social e Gênero, tem trabalhado no desenvolvimento de um Protocolo Socioeconômico voltado especificamente à dimensão socioeconômica da restauração, de modo que novos instrumentos neste tema deverão estar disponíveis em breve.

Em comparação à vegetação, a fauna é pouco monitorada nas ações de restauração por questões diversas, embora seja fundamental à restauração de ecossistemas. Alguns indicadores de vegetação frequentemente monitorados permitem inferir indiretamente se processos ecológicos mediados pela fauna estão ocorrendo nas áreas em restauração. A avaliação da regeneração natural, por exemplo, permite inferir se há dispersão de sementes realizada pela fauna. A crescente acessibilidade a câmeras *traps* e drones com sensores termais, bem como os avanços recentes em bioacústica e análises de **eDNA (environmental DNA)**, têm ampliado as possibilidades de monitoramento da fauna, tornando sua inclusão em projetos e programas de restauração cada vez mais viável e acessível. Informações sobre como usar alguns destes recursos no monitoramento da fauna na restauração em escala de paisagem podem ser consultadas em "[*Measuring the landscape pulse: Tracking Forest Landscape Restoration Progress in the Brazilian Atlantic Forest at the Site and Program Levels*](#)", publicação que apresenta um estudo de caso no Pontal do Paranapanema.

Por fim, o principal benefício percebido pela sociedade a partir da restauração ecológica é, frequentemente, a conservação dos recursos hídricos. Essa também tem sido uma das principais justificativas para o surgimento de diversos programas de pagamento por serviços ambientais (PSA), que têm na restauração uma das ações elegíveis para pagamento. Criar, nesses programas de PSA, um monitoramento eficaz de como a restauração afeta a qualidade, a quantidade e a sazonalidade dos recursos hídricos ao longo do tempo é praticamente fundamental, embora ainda pouco comum. De modo geral, o monitoramento dos recursos hídricos é realizado na escala de microbacias, com a instalação de equipamentos e estruturas que permitem a coleta periódica de atributos relacionados à qualidade, à quantidade e à sazonalidade da água no ponto de saída (exutório). Idealmente, isso deve ocorrer tanto em microbacias com e sem restauração e, eventualmente, também incluir áreas com vegetação nativa já existente, evidenciando assim os efeitos da restauração sobre os recursos hídricos. Portanto, trata-se de um tipo de monitoramento bastante específico e complexo, difícil de ser realizado em projetos ou áreas isoladas de restauração, sendo mais apropriado para programas que atuam em microbacias específicas ou na escala da paisagem.

Embora o monitoramento da vegetação permaneça o principal componente da avaliação da restauração, é importante ampliar o conhecimento e a incorporação de componentes ecológicos, sociais e econômicos. Ao mesmo tempo, o monitoramento rotineiro dos projetos deve ser simples, objetivo e de baixo custo, uma vez que o elevado custo da restauração é uma barreira à sua implementação. Nesse contexto, as abordagens complementares discutidas neste tópico devem ser priorizadas em programas de pesquisa e políticas públicas, gerando subsídios para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento mais eficazes e integradoras, passíveis de incorporação à prática da restauração.



10. INTEGRE A GESTÃO DE PROJETOS AO MONITORAMENTO

A gestão é importante em qualquer projeto e projetos de restauração não são exceção. Entretanto, é comum que projetos de restauração tenham falhas de gestão no que se refere ao registro das etapas, atividades e custos, limitando o rastreamento de ações, dados e documentos ao longo do tempo. Em muitas ações, por exemplo, não existe um projeto técnico formal, nem registros claros e acessíveis das atividades realizadas, com suas datas, custos, detalhes técnicos e o polígono da área em restauração. Em muitos casos, tampouco há uma lista das espécies plantadas ou semeadas. Essa lacuna torna difícil, por exemplo, compilar informações sobre espécies nativas usadas na restauração da Mata Atlântica, bem como limita a replicação de ações bem-sucedidas, a eliminação de práticas insatisfatórias e a comunicação precisa sobre a evolução das iniciativas ao longo dos anos.

Uma boa gestão é uma ferramenta preciosa para a tomada de decisões mais seguras e demanda o desenvolvimento de um plano de gestão que preveja o registro simples, preciso e seguro das atividades que são realizadas ao longo do tempo. O registro de atividades e resultados do projeto de restauração deve ser feito de forma clara e objetiva, mas é imperativo que também seja completo e informativo.

Uma forma de melhorar a gestão nas iniciativas de restauração ecológica é integrar indicadores de gestão ao monitoramento. O Pacto prioriza uma boa gestão dos projetos e recomenda que a gestão da restauração também seja monitorada. Sugerimos o monitoramento segundo o princípio de Gestão de Projetos que consta no documento [“Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal”](#), de 2013. Este documento apresenta diversos indicadores de gestão que podem ser monitorados, permitindo a identificação de gargalos e a melhoria contínua dos processos internos, contribuindo para o aperfeiçoamento tanto do processo de restauração quanto da gestão de iniciativas futuras. Ressaltamos, como nos demais casos, que o documento do Pacto tem caráter sugestivo e deve ser adaptado à realidade de cada programa ou projeto de restauração.

GLOSSÁRIO

Acompanhamento (ou avaliação da técnica de restauração): coletas de dados e avaliações iniciais, nos primeiros meses ou anos de uma área em restauração, voltadas à avaliação do sucesso da implantação de uma determinada técnica. Dependendo da técnica e das características da área em restauração, o acompanhamento pode envolver a avaliação da mortalidade de mudas, do percentual de estabelecimento de plântulas e da presença de plantas indesejáveis, como gramíneas invasoras.

Ecossistema de referência: versão não degradada e completa do ecossistema alvo da restauração ecológica, incluindo sua flora, fauna e demais elementos bióticos e abióticos, funções, processos e estágios sucessionais que estariam presentes na área objeto de restauração caso a degradação não tivesse ocorrido.

eDNA (*environmental DNA*): material genético liberado pelos organismos no ambiente por meio de células, fezes, urina, saliva, pólen, sementes, fragmentos de tecidos ou outros resíduos biológicos. A avaliação do eDNA em áreas em restauração pode indicar quais espécies circulam ou ocorrem nestes locais, sendo uma ferramenta promissora para o monitoramento da biodiversidade. Em português, o termo é traduzido como DNA ambiental.

Indicador universal: um indicador cuja coleta, análise e interpretação pode ser realizada em todas as áreas de restauração, independentemente da técnica de restauração implantada ou do tipo de vegetação em restauração.

Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

Indicadores de causa (*Leading indicators*): indicadores que medem fatores capazes de influenciar a trajetória ou o desempenho futuro. No monitoramento da restauração, os indicadores de causa permitem identificar as causas de problemas e desempenhos aquém do esperado e são importantes para definir ações de manejo adaptativo.

Indicadores de consequência (*Lagging indicators*): indicadores que medem os resultados ou efeitos de processos já ocorridos. Na restauração ecológica, refletem o estado alcançado pela área em restauração e permitem avaliar o progresso em direção aos objetivos estabelecidos, embora geralmente respondam mais lentamente às intervenções do que os indicadores de causa.

Linha de base: condição de um local ou indicador antes do início do processo de restauração.

Manejo adaptativo: na restauração, são intervenções deliberadas no ecossistema durante sua trajetória, em resposta aos dados de monitoramento, visando superar filtros ou barreiras que dificultem sua evolução rumo a um estado desejado.

Manutenção: conjunto de operações associadas a uma dada técnica em restauração, que visam garantir o seu sucesso nos primeiros anos após a implantação. São operações de manutenção o controle de plantas indesejáveis e de formigas-cortadeiras e outras intervenções destinadas a favorecer o estabelecimento inicial da vegetação em restauração.

Programas de restauração: conjunto de projetos de restauração conduzidos por uma instituição ou por instituições parceiras em uma determinada região.

Projetos de restauração: unidades de planejamento e implementação da restauração que englobam uma ou mais áreas com características homogêneas ou semelhantes quanto ao método de restauração adotado, ano de implantação, localização regional e demais características ambientais, como tipo de solo e vegetação a restaurar.

Restauração de florestas e paisagens (*Forest and Landscape Restoration – FLR*): processo que visa recuperar o funcionamento ecológico e melhorar o bem-estar humano em paisagens fragmentadas ou degradadas, geralmente englobando a restauração ecológica em conjunto com outras atividades produtivas, sociais e de conservação.

Trajetória ecológica: rota sucessional pela qual um ecossistema se desenvolve ao longo do tempo. Na restauração, a trajetória esperada começa com o ecossistema degradado, danificado ou destruído e progride rumo ao estado desejado de restauração.

Valores de referência: valores esperados para um indicador ao longo do tempo. **Valores de referência intermediários** são os esperados ao longo das diferentes etapas da trajetória de restauração. **Valores de referência finais** são os valores esperados para os indicadores ao final da trajetória de restauração. A definição desses valores é uma tarefa complexa, porém fundamental para um monitoramento objetivo das áreas em restauração.

REFERÊNCIAS

[documentos técnicos e protocolos citados no texto]

ASSIS, L. S. de; CAMPOS, M.; GIRÃO, V. J. (org.). Manejo de fragmentos florestais degradados. Campinas, SP: The Nature Conservancy, 2019. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/manejo-defragmentosflorestaisdegradados.pdf>.

CÉSAR, R. G. et al. Measuring the landscape pulse: Tracking Forest Landscape Restoration Progress in the Brazilian Atlantic Forest at the Site and Program Levels - A case study of the Pontal do Paranapanema region, Brazil. Teodoro Sampaio, SP: IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas. Disponível em <https://ipe.org.br/en/publicacoes-en/publications-ipe/>

GANN, G. D. et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Third edition. Restoration Ecology 2026, 34(S2): e70441. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.70441>

GILES, A. Indicadores da vegetação para monitoramento e avaliação da recuperação ambiental. Documento técnico. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/403414908_Indicadores_da_Vegetacao_para_Monitoramento_e_Avaliacao_da_Recuperacao_Ambiental_ISBN_978-65-01-90450-4.

GILES, A. et al. Brazil's science-policy effort to monitor native vegetation restoration. Ambio: Ambio 2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-026-02431-w>

IBAMA. Resultados da Oficina de Indicadores para Recuperação da Vegetação Nativa: novembro de 2024. Brasília, DF: IBAMA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/recuperacao-ambiental/20260126_Resultados_Oficina_Indicadores_Recuperacao_Vegetacao_Nativa_nov_24.pdf.

INICIATIVA CAMINHOS DA SEMENTE. Protocolo para monitoramento da restauração florestal. São Paulo, SP: Agroicone; Brasília, DF: Embrapa; São Paulo, SP: Instituto Socioambiental - ISA, 2025.

INICIATIVA CAMINHOS DA SEMENTE. Rede de restauração ecológica com foco em semeadura direta. [S.l.]: Caminhos da Semente. Disponível em: <https://caminhosdasemente.org.br/>.

LIMA, R. et al. Os indicadores de resultado na recomposição da vegetação nativa. São Paulo, SP: Agroicone, 2020. Disponível em: <https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Indicadores-Livro-2020.pdf>.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Abordagem de carbono associado ao mercado voluntário no âmbito do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica. São Paulo, SP: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2025. Disponível em: <https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2025/11/Abordagem-de-Carbono-Pacto.pdf>.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal. São Paulo, SP: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2013. Disponível em: <https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2021/05/protocolo-de-monitoramento-pt.pdf>.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Saberes da restauração: volume 2 – monitoramento ecológico em campo. São Paulo, SP: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2021. Disponível em: https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2021/12/VOL2_SABERES_DA_RESTAURACAO.pdf.



Boas práticas para o monitoramento da restauração na Mata Atlântica

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Saberes da restauração: volume 3 – monitoramento socioeconômico. São Paulo, SP: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2022. Disponível em: https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2022/02/VOL3_SABERES_DA_RESTAURACAO.pdf.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA; ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA. Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e da Amazônia via sensoriamento remoto. Organização: Rafael Walter Albuquerque et al. São Paulo, SP: The Nature Conservancy, 2024. Disponível em: <https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2024/11/protocolo-sr-pacto-2024.pdf>.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER). Princípios e padrões internacionais para a prática da restauração ecológica. 2. ed. 2019. Tradução de Luiz F. D. de Moraes et al. Disponível em: https://www.sobrestauracao.org/documentos/portuguese_ser_standards.pdf



ISBN: 978-85-98415-29-1



CDL

9 788598 415291

Apoio



Realização



Pacto
Trinacional da
Mata Atlântica



PACTO
PELA RESTAURAÇÃO DA
MATA ATLÂNTICA