



REFERENCIAL TEÓRICO
PARA A RESTAURAÇÃO E PROTOCOLO DE
MONITORAMENTO
DA RESTAURAÇÃO DA
CAATINGA
2025



Rede para restauração da
CAATINGA

EQUIPE EXECUTORA

CENTRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS DO NORDESTE

Severino Rodrigo Ribeiro Pinto
Coordenador da Publicação - Cepan

Joaquim José de Freitas Neto
Especialista em Restauração - Cepan

Pedro Henrique Albuquerque Sena
Especialista em Restauração - Cepan

Marina Vergara Fagundes
Especialista em Vegetação da Caatinga

Aldrin Martin Pérez Marin
Especialista em Solos da Caatinga

Ana Cristiana Santos da Silva
Consultora em Restauração e Mobilização Social

Marcos Mesquita
Projeto gráfico e diagramação

Foto da Capa: IDESA Brasil

COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DE AVALIAÇÃO DA REDE PARA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA

Ana Claudia Destefani
Associação Comunitária Murundu

Raphaela Aguiar de Castro
Substituir por Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA/UNIVASF)

Sheila Patrícia Santos Feitosa
Instituto de Desenvolvimento Vale do Contíngua (IDESA Brasil)

Tatiane Gomes Calaça Menezes
Instituto Florestar

CONSELHO DELIBERATIVO DA REDE PARA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA

Ana Loreta Paiva
Conselheira Titular - WRI Brasil

Pedro Henrique Albuquerque Sena
Conselheiro Titular - Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste - Cepan

Raphaela Aguiar de Castro
Conselheira Titular - Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental/ UNIVASF

Tatiane Gomes Calaça Menezes
Conselheira Titular - Instituto Florestar

SECRETARIAS DA REDE PARA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA (RECAA):

Ana Claudia Destefani
Secretaria Executiva - ReCaa

Adriana Rodrigues de Oliveira
Secretaria Operacional - ReCaa

PROJETO GEF-TERRESTRE

Roberta Holmes
Coordenadora-Geral de Sustentabilidade Financeira
do SNUC – CGSF
Departamento de Áreas Protegidas - DAP/MMA

Mateus Motter Dala Senta
Analista Ambiental
Departamento de Florestas - DFLO/MMA

Luis Hernando Hintze
Especialista Sênior - Setor de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável
Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID

Marina Ghorayeb Garcia
Gerente de Projetos - GEF Terrestre
Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - FUNBIO

Vivian Saddock da Silva
Analista de Projetos - GEF Terrestre
Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - FUNBIO

Referencial teórico para a restauração e protocolo de monitoramento da restauração da Caatinga [livro eletrônico] / Severino Rodrigo Ribeiro Pinto ... [et al.]. – 1. ed. – Recife, PE : Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste - Cepan, 2025. PDF

Outros autores: Joaquim José de Freitas Neto, Pedro Henrique Albuquerque Sena, Marina Vergara Fagundes, Aldrin Martin Pérez Marin, Ana Cristiana Santos da Silva
Bibliografia
ISBN 978-65-87648-05-7

1. Caatinga 2. Conservação da natureza 3. Gestão ambiental 4. Manejo florestal sustentável 5. Meio ambiente 6. Monitoramento ambiental 7. Recuperação 8. Sementes 9. Sustentabilidade I. Pinto, Severino Rodrigo Ribeiro. II. Neto, Joaquim José de Freitas. III. Sena, Pedro Henrique Albuquerque. IV. Fagundes, Marina Vergara. V. Marin, Aldrin Martin Pérez. VI. Silva, Ana Cristiana Santos da.

25-312338.0

CDD-577.820981

Índices para catálogo sistemático:

1. Caatinga : Bioma brasileiro : Preservação : Biologia 577.820981
Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964



FOTO: IDESA BRASIL

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Apresentação | 4 |
| ReCaa: Restauração é feita de gente! | 6 |
| Contextualização do Cenário da Restauração da Caatinga e das Terras Secas | 8 |
| CAPÍTULO 1 • PRINCÍPIOS, FASES E METODOLOGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA CAATINGA | |
| Princípios da Restauração da Caatinga | 11 |
| A síntese dos princípios da Caatinga | 12 |
| CAPÍTULO 2 • ETAPAS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA CAATINGA | |
| O caminho da restauração em etapas | 14 |
| CAPÍTULO 3 • RESUMO DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA CAATINGA | |
| Quadro síntese das Técnicas de Restauração da Caatinga | 29 |
| CAPÍTULO 4 • MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA CAATINGA | |
| Como o protocolo foi construído e como utilizá-lo | 32 |
| Protocolo de Monitoramento da Restauração da Caatinga | 34 |
| CAPÍTULO 5 • MANEJO ADAPTATIVO DA RESTAURAÇÃO NA CAATINGA | |
| Manejo Adaptativo da Restauração da Caatinga | 41 |
| CAPÍTULO 6 • BOAS PRÁTICAS PARA GESTÃO DE DADOS DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO NA CAATINGA | |
| Organização, gestão e compartilhamento de dados em projetos de monitoramento | 48 |
| ANEXOS | |
| Ficha de Coleta de Dados em Campo para Monitoramento das Iniciativas de Restauração na Caatinga | 53 |
| Referências Bibliográficas | 55 |
| O caráter multidisciplinar do monitoramento | 58 |

APRESENTAÇÃO

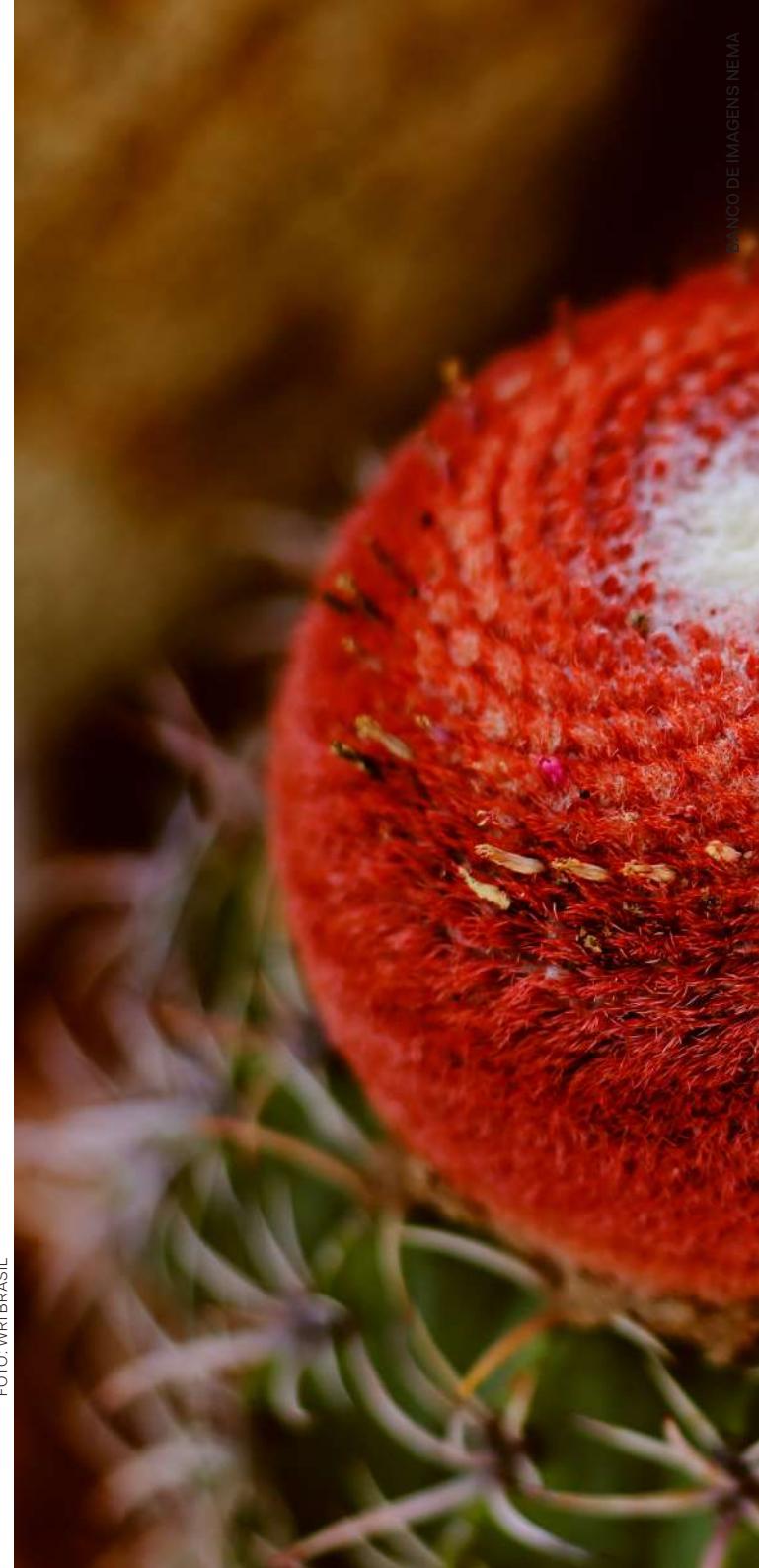
A Rede para Restauração da Caatinga (ReCaa) apresenta este referencial teórico contendo os **Princípios e Padrões** para a recuperação da vegetação nativa da Caatinga, juntamente com as **Recomendações para o Monitoramento da Restauração Ecológica**, com o objetivo de ampliar o conhecimento técnico-científico e compartilhar experiências acumuladas por especialistas atuantes no bioma. A proposta é fortalecer ações eficazes por meio da consolidação de diretrizes baseadas em evidências científicas.

Este documento integra uma das principais linhas de atuação da ReCaa: a sistematização e disseminação de conhecimento ancestral, técnico e científico sobre a restauração ecológica na Caatinga, com vistas à democratização de informações estratégicas para tomadores de decisão, produtores rurais, extensionistas e profissionais da área ambiental. O material é fruto de um processo colaborativo, construído a partir de oficinas, consultas técnicas e reuniões com pesquisadores, técnicos, organizações da sociedade civil e outros atores engajados na restauração do bioma e membresia da ReCaa. O conteúdo abrange metodologias, técnicas e diretrizes que visam maximizar a efetivi-

dade dos esforços de recuperação em diferentes escalas, contribuindo de forma significativa para a conservação da biodiversidade, a mitigação das mudanças climáticas e desertificação, e o estabelecimento efetivo da cadeia produtiva da restauração na Caatinga.

Esta iniciativa foi desenvolvida no âmbito do Projeto Estratégias de Conservação, Restauração e Manejo para a Biodiversidade da Caatinga, Pampa e Pantanal – GEF Terrestre, coordenado pelo Departamento de Áreas Protegidas (DAP) da Secretaria de Biodiversidade, Florestas e Direitos Animais (SBio), do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). O projeto é financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) como agência implementadora e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) como agência executora, com execução técnica pelo Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (Cepan). A ReCaa agradece às diversas instituições parceiras e sua membresia pelo apoio técnico e institucional prestado para a construção e publicação deste documento. Abaixo é possível visualizar a estrutura do documento apresentado:

FOTO: WR BRASIL



Estrutura do Documento e Temas Centrais

Este material está organizado para apoiar, de forma prática e estratégica, a formulação e a execução de políticas, projetos e programas de restauração na Caatinga. Os principais tópicos abordados são:

- Apresentação do panorama atual da restauração da Caatinga, destacando sua importância ecológica, social e climática;
- Princípios da Restauração, definindo os princípios norteadores que devem guiar as ações de restauração, assegurando aderência ecológica, viabilidade técnica e benefícios sociais de longo prazo;
- Descrição das fases da restauração, descrevendo a estrutura sequencial do processo de restauração, desde o diagnóstico até a consolidação do processo de restauração;
- Apresentação de técnicas de restauração na Caatinga com base em evidências técnico-científicas, contemplando práticas voltadas à recuperação da vegetação, do solo e do componente hídrico;
- Recomendações para o monitoramento da restauração da Caatinga apresentando indicadores, metodologias e boas práticas para a avaliação contínua do processo de restauração ecológica.



FOTO: WRI BRASIL

Finalidade do Documento e Expectativa da ReCaa

A ReCaa espera que este documento se torne uma ferramenta essencial de apoio à tomadas de decisões para o processo de restauração ecológica do bioma Caatinga, pela promoção de uma base técnico-científica sólida para políticas públicas e iniciativas locais. A ampla disseminação e adoção deste material são fortemente incentivadas, bem como sua atualização ao longo do tempo, como forma de construir uma rede de conhecimento, cooperação e fortalecimento das ações de restauração ecológica no semiárido brasileiro.

RECAA: RESTAURAÇÃO É FEITA DE GENTE!

A Rede para Restauração da Caatinga (ReCaa) é um movimento coletivo nacional, criado com o propósito de promover uma restauração ecológica que seja ambientalmente eficaz, politicamente engajada, socialmente justa e culturalmente enraizada nos modos de vida dos povos da Caatinga. Suas ações buscam respeitar profundamente as características ecológicas, sociais e culturais que definem este bioma único do semiárido brasileiro.

A Caatinga é a floresta seca mais densamente ocupada do mundo, abrigando cerca de 32 milhões de pessoas em sua área de abrangência e entorno, distribuídas em comunidades urbanas, rurais e tradicionais. Possui uma biodiversidade notável, com aproximadamente 4.963 espécies de plantas e mais de 1.200 espécies de animais já catalogadas em uma extensão territorial de 84 milhões de hectares. Esses números reforçam a importância estratégica da conservação e restauração ecológica da Caatinga para o Brasil e para o mundo (Silva et al., 2018).

A ReCaa foi criada em 2022, impulsionada pelo reconhecimento da urgência em fortalecer a governança para orientar ações de restaura-

ção ecológica no bioma e pela constatação da necessidade de articular esforços entre diferentes instituições. O movimento teve início com um pequeno grupo de organizações atuantes na região e, desde então, cresceu significativamente, passando a reunir mais de 200 pessoas e instituições comprometidas com a restauração e a

conservação da Caatinga. A atuação da ReCaa é orientada por valores fundamentais, que definem seus compromissos e guiam suas decisões e estratégias. Esses valores estão apresentados a seguir, como pilares para a construção de uma restauração ecológica inclusiva, eficaz e transformadora no semiárido brasileiro.



FOTO: WRI BRASIL



A ReCaa entende que a restauração ecológica na Caatinga precisa estar intrinsecamente conectada à realidade social dos territórios onde ocorre. **Afinal, restauração é feita de gente!**, e essa premissa é ainda mais verdadeira na Caatinga, considerada uma das regiões rurais mais densamente povoadas do país. Milhares de comunidades locais dependem diretamente dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela Caatinga para garantir sua subsistência, cuidados com a saúde tradicional, produção de alimentos, acesso à água e geração de renda por meio do extrativismo e do comércio de produtos nativos. Além desses usos concretos, o bioma possui um valor simbólico e cultural imensurável para aqueles que desejam permanecer e manter vivas suas histórias, identidades e modos de vida no território.

Acreditamos que, por meio de uma restauração construída junto às comunidades locais,

é possível desenhar paisagens mais resilientes, produtivas e biodiversas, nas quais o equilíbrio ecológico caminhe lado a lado com a dignidade social e o desenvolvimento econômico inclusivo. Esta abordagem integrada fortalece os vínculos entre natureza e sociedade, e amplia as chances de sucesso duradouro das ações de restauração.

Para transformar essa missão em realidade, a ReCaa atua de forma articulada em diversas frentes, consolidando-se como uma rede de referência na restauração da Caatinga. Alinhada aos esforços globais da Década da Restauração da ONU (2021-2030), a ReCaa tem se tornado uma voz ativa em importantes fóruns de construção de políticas públicas ambientais, contribuindo com propostas e diretrizes no âmbito do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG). Desde 2024, a ReCaa passou a integrar a Sociedade Bra-

sileira de Restauração Ecológica (SOBRE) como um de seus capítulos regionais, fortalecendo a presença da Caatinga no debate técnico e científico sobre restauração ecológica em nível nacional. O compromisso da ReCaa é claro: fortalecer e viabilizar as iniciativas de restauração ecológica da Caatinga, garantindo que as especificidades socioambientais do bioma sejam consideradas no alcance das metas brasileiras de recuperação ambiental.

A ReCaa convida todas as pessoas, instituições, comunidades locais e povos tradicionais, gestores públicos e privados, pesquisadores e organizações da sociedade civil, a se unirem a este movimento. Juntos, podemos construir um futuro mais sustentável, justo e regenerativo para a Caatinga, conectando pessoas, conhecimento e práticas a favor da vida e da biodiversidade nativa do semiárido brasileiro.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA E DAS TERRAS SECAS

A restauração ecológica é o processo de assistência à recuperação de ecossistemas degradados, com o objetivo de restabelecer sua funcionalidade ecológica, sua biodiversidade nativa e sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como produção de alimentos, regulação climática, provisão de água e conservação do solo. De maneira adicional, a Caatinga é o bioma brasileiro mais vulnerável às mudanças climáticas, em grande parte devido ao avanço do processo de desertificação. As projeções apontam para um aumento da aridez e da frequência de secas prolongadas, o que compromete ainda mais os já escassos recursos hídricos e acelera processos de degradação dos solos. Cerca de 18% do território do país está suscetível à desertificação, atingindo aproximadamente 39 milhões de pessoas, sendo a maior parte desse quantitativo na área da Caatinga (Marin-Pérez et al. 2025). Núcleos de desertificação já foram identificados, caracterizados por solos rasos, pobres em nutrientes e com baixa capacidade de retenção de água, muitas vezes



FOTO: CEPAN



FOTO: WRI BRASIL

incapazes de sustentar processos naturais de regeneração. Esse cenário exige ações urgentes de prevenção, contenção e reversão da degradação das terras.

Estudos recentes mostram que mais de 50% da vegetação nativa da Caatinga já foi degradada, principalmente pela substituição da cobertura florestal por pastagens e monoculturas. Entre 1985 e 2018, o bioma perdeu mais de 5.000 hectares de vegetação nativa por ano, enquanto a agricultura expandiu-se a uma taxa de 2.104 hectares por ano (Antongiovanni et al., 2020). Além da perda quantitativa, a fragmentação da paisagem compromete a conectividade ecológica: 91% dos fragmentos de vegetação têm menos de 500 hectares, e apenas 1,52% ultrapassam 10 mil hectares. Isso reduz a resiliência dos ecossistemas e dificulta a dispersão natural de sementes, a movimentação da fauna e o fluxo gênico.

A Caatinga cobre cerca de 10% do território nacional e é reconhecida como a maior e mais

biodiversa floresta tropical sazonalmente seca das Américas. Possui alta taxa de endemismo e abriga espécies extremamente adaptadas a ambientes com escassez hídrica, alta radiação solar e solos rasos. Além disso, apresenta grande diversidade cultural, com comunidades tradicionais, como indígenas, quilombolas e comunidades de fundo de pasto, cujos **modos de vida estão diretamente ligados aos recursos naturais locais**. Essa combinação única de atributos ecológicos e socioculturais torna a restauração da Caatinga estrategicamente relevante para promover segurança alimentar, energética, hídrica e cultural na região.

A restauração da Caatinga ganha força como uma resposta estratégica diante da intensificação da degradação. Em âmbito internacional, a Década das Nações Unidas da Restauração dos Ecossistemas (2021-2030) vem impulsionando políticas, financiamentos e cooperação técnica para ampliar ações de recuperação em todo o

mundo. No Brasil, a Lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal), os Programas de Regularização Ambiental (PRAs) e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) estabelecem a base legal e operacional para a restauração em áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APPs). Estima-se que existam atualmente 283.145 hectares de passivo ambiental a serem restaurados na Caatinga (Melo et al., 2023). No entanto, a distribuição dessa responsabilidade é desigual: apenas 2% dos proprietários concentram quase metade da obrigação de restaurar, enquanto os 141 mil pequenos produtores são responsáveis pela outra metade. Essa disparidade evidencia a necessidade de políticas públicas e instrumentos financeiros que promovam a equidade no acesso a recursos e assistência técnica, viabilizando a restauração em larga escala com justiça social, contextualizada para cada um desses dois cenários sociais da restauração na Caatinga.



A woman wearing a straw hat and a grey long-sleeved shirt is shown from the waist up, working in a lush green Caatinga fruit orchard. She is reaching out with her right hand towards a branch with red fruit. The background is filled with the dense foliage and red fruit of the Caatinga vegetation under a clear blue sky. A circular graphic overlay on the right side of the image contains the chapter title.

CAPÍTULO 1
PRINCÍPIOS, FASES
E METODOLOGIAS DE
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA
DA CAATINGA

PRINCÍPIOS DA RESTAURAÇÃO NA CAATINGA

Um Princípio é uma ideia orientadora que define o porquê e o como a ação de restauração será feita, garantindo que todas as decisões e metodologias adotadas estejam alinhadas com os valores ecológicos, sociais e científicos da práxis da restauração ecológica.

A Restauração da Caatinga é voltada para as pessoas, considerando as dinâmicas socioecológicas existentes, devendo ser integrativa e multidisciplinar

A restauração ecológica da Caatinga deve ser centrada nas pessoas, considerando as dinâmicas socioecológicas locais. É fundamental que ela seja integrativa e multidisciplinar, envolvendo saberes científicos e tradicionais, e promovendo o engajamento das comunidades na construção de paisagens sustentáveis em convivência com o semiárido, abordando também soluções baseadas na natureza para os desafios enfrentados pela população residente no bioma.

I A Restauração Ecológica da Caatinga é direcionada para o restabelecimento das funções ecológicas das áreas degradadas, incremento da biodiversidade nativa regional e melhoria da prestação de serviços ecossistêmicos essenciais para a população residente no bioma

A restauração ecológica da Caatinga deve priorizar o restabelecimento das funções ecológicas nas áreas degradadas, promovendo o aumento da biodiversidade nativa regional, considerando fitofisionomias presentes e suas regionalidades, e a melhoria contínua dos serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação do clima, conservação da água e do solo, e fornecimento de recursos para a população local.

I A restauração da Caatinga deve atuar para retomar a funcionalidade dos ecossistemas anteriormente degradados, priorizando a saúde do solo como componente-chave para a Caatinga

A restauração deve priorizar a retomada da funcionalidade dos ecossistemas degradados, com atenção especial à saúde do solo, reconhecido como um elemento central para o sucesso da regenera-

ção da vegetação, ciclagem de nutrientes e equilíbrio hídrico na Caatinga.

I Os processos de Restauração da Caatinga devem considerar, prioritariamente, a sazonalidade dos ecossistemas, antecipando as variações que ocorrem ao longo do ano e se adaptando a tais cenários durante todas as fases da restauração

As iniciativas de restauração devem respeitar e se adaptar à sazonalidade natural dos ecossistemas da Caatinga, antecipando as variações climáticas e ecológicas ao longo do ano, como períodos de seca intensa e chuvas esparsas, e ajustando estratégias de manejo em todas as fases do processo.

I A Restauração da Caatinga contribui para conter a instalação e o avanço da desertificação no bioma

A restauração da Caatinga deve ser orientada como estratégia efetiva de combate à desertificação, sendo também uma forma de solução baseada na natureza para conter seu avanço. Ela contribui para frear a degradação ambiental, melhorar a resiliência das paisagens e recuperar áreas suscetíveis à perda de solo, cobertura vegetal e biodiversidade.

A SÍNTESE DOS PRINCÍPIOS DA CAATINGA



CAPÍTULO 2

ETAPAS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA CAATINGA

O CAMINHO DA RESTAURAÇÃO EM ETAPAS

ETAPAS DA RESTAURAÇÃO

A restauração ecológica na Caatinga segue uma sequência de etapas fundamentais para o sucesso das iniciativas. Essas etapas se aplicam tanto a projetos em larga escala quanto a iniciativas em pequenas propriedades, respeitando as especificidades locais. A literatura apresenta diferentes abordagens para sua definição, mas de forma geral, podem ser organizadas como demonstrado a seguir (adaptado de Stanturf et al., 2017):



1. MOBILIZAÇÃO SOCIAL

A mobilização social constitui o ponto de partida de um processo de restauração ecológica alinhado com os princípios da restauração da Caatinga. Esta etapa promove a construção coletiva dos objetivos e ações a serem realizadas em campo, estabelece o engajamento e pertencimento das pessoas, sejam elas proprietárias rurais ou pertencentes a comunidades locais e povos tradicionais, reconhece os saberes locais e firma acordos coletivos em torno da recuperação da paisagem como um todo. Trata-se de uma fase essencial para legitimar o processo em execução e estabelecer as bases sociais que sustentam e influenciam as demais fases da restauração, assegurando coerência entre os objetivos ecológicos e as aspirações das pessoas envolvidas.

O principal meio para promover a mobilização social é o estabelecimento de diálogos com as pessoas envolvidas no processo, sejam de forma direta ou indireta. Tais diálogos podem ocorrer de maneira individual, por meio de conversas livres ou realizadas com auxílio de roteiro e por meio de reuniões e conversas em grupo. Também é possível promover diálogo sobre a restauração com a adoção de materiais de comunicação por



FOTO: ASSOCIAÇÃO MURUNDU - PROJETO SIRIRI

diferentes vias (internet, rádio, televisão, jornais, revistas, entre outros), visando complementar as interações individuais ou em grupo, com o cuidado de não substituí-las e sim criar sinergia para o processo. Na Caatinga é ideal que haja diferentes estratégias para pequenos e grandes proprietários de terras, considerando as desigualdades socioeconômicas e espaciais, especialmente em relação ao déficit de vegetação e às particularidades locais (Melo et al., 2023).

Para processos de restauração que precisam documentar suas fases para a instituição de fomento, apoiadores ou até mesmo para o CAR (Cadastro Ambiental Rural), a fase de mobilização social pode ser materializada por meio de Memória da(s) reunião(ões) contendo registro fotográfico e lista de presença que atestam o envolvimento dos(as) participantes e documentam o processo de escuta e construção coletiva.



2. DIAGNÓSTICO DA PAISAGEM SOCIAL E AMBIENTAL

O diagnóstico social da paisagem pode ser realizado para uma bacia hidrográfica, microbacia ou a unidade definida como o território de uma comunidade tradicional. Essa leitura vai além da simples análise da área que receberá as intervenções de restauração, sendo necessário entender e analisar criticamente o contexto a ser trabalhado. A identificação das oportunidades de restauração é realizada no diagnóstico, e envolve aspectos ambientais, ecológicos e a identificação das partes interessadas direta ou indiretamente na área a ser restaurada.

TRÊS OBJETIVOS PRINCIPAIS DEVEM ORIENTAR ESSE DIAGNÓSTICO:

1. Identificar e envolver as partes interessadas no processo de restauração dentro da medida de paisagem estipulada, como um território de uma comunidade tradicional ou uma bacia hidrográfica, por exemplo;
2. Compreender o contexto, o histórico, as necessidades e as percepções locais com relação à paisagem;
3. Estimular o compartilhamento de saberes e a construção de consensos para o processo de restauração.

Para facilitar a visualização de como pode ocorrer o diagnóstico social da paisagem, são sugeridas perguntas norteadoras que podem iniciar o processo, destacando a necessidade de complementá-las e aprofundá-las de acordo com os objetivos e os cenários encontrados em campo:

- **Quem são as pessoas** envolvidas na área e/ou no projeto e quais são seus papéis?
- **Quais os interesses** e relações entre grupos sociais envolvidos?
- **Quais políticas ou instrumentos legais/** formais são conhecidos pelos envolvidos?
- **Quais valores**, motivações e expectativas existem em relação à restauração?
- **Existe dependência** financeira, alimentar ou energética por parte dos atores envolvidos?
- **Quais valores** as pessoas possuem em relação ao uso do solo e as práticas de restauração?

Em paralelo, o diagnóstico ambiental da paisagem envolve análise dos fatores ecológicos históricos e atuais, bem como os fatores de degradação em curso. Trata-se de um diagnóstico voltado à restauração ecológica, com foco nos elementos que subsidiam decisões técnicas e estratégias de manejo adequadas ao contexto da paisagem.

Durante este processo, é essencial avaliar o Potencial de Regeneração Natural da área a ser restaurada. O potencial de regeneração natural da Caatinga está relacionado à capacidade de regeneração de uma dada área após eventos de perturbação ou degradação, devendo ser analisada à luz de suas características ecológicas.

Para a elaboração de diagnóstico ambiental efetivo, devem ser considerados:

- **Histórico de uso da terra**, com atenção aos fatores de degradação;
- **Escolha de um ecossistema de referência** que represente um estágio de desenvolvimento almejado para a área em restauração;
- **Análise do regime de precipitação local**, identificando especialmente os períodos de chuva e com temperaturas mais amenas;
- **Contextualização na microbacia** com detalhamento da presença de recursos hídricos e fauna associada;
- **Uso atual e planejado da área** pela população, considerando as necessidades e demandas das pessoas;
- **Presença de espécies regenerantes nativas**, indicando processo de regeneração;
- **Saúde e condições do solo**, considerando aspectos biológicos, físicos e químicos do solo;
- **Fatores de degradação** históricos e atuais.

Uma das estratégias eficientes que podem ser adotadas durante o processo de diagnóstico ambiental da restauração ecológica na Caatinga é a identificação de um ecossistema de referência. Essa área é um ecossistema nativo (incluindo ecossistemas culturais tradicionais) que representa uma fotografia do estado de conservação de um ecossistema similar, geralmente próximo da área de intervenção. Como indicado pela SER¹, o modelo de referência indica a condição aproximada em que o local estaria se a degradação não tivesse ocorrido, servindo como um norteador para o processo de restauração.

Cabe ressaltar que a adoção dos ecossistemas (ou modelos) de referência durante o diagnóstico deve ser analisada por vários fatores, incluindo análises e entrevistas com comunidades locais visando identificar também o histórico de degradação ou regeneração da referência. Esse tipo de precaução é indicada para evitar que sejam adotados ecossistemas que podem ser comuns na paisagem, porém que estão em estado de degradação contínua que não permite o avanço da regeneração.

A heterogeneidade da Caatinga requer estratégias adaptadas às ecorregiões (Moro et al., 2024) e focadas no potencial de regeneração

¹ Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decleer K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology 27(S1): S1–S46. Disponível em português em: https://sobrerestauracao.org/documents/principios/647818779107187portuguese_ser_standards.pdf

natural das áreas em processo de restauração. Este foco e essas diferenças devem ser integradas ao planejamento da restauração e a escolha de técnicas e indicadores de monitoramento.

Para processos de restauração que precisam documentar especificamente cada etapa para uma instituição de financiamento, para os apoiadores locais ou até mesmo para o CAR (Cadastro Ambiental Rural), a fase de Diagnóstico pode ser materializada com:

■ Relatório técnico objetivo, com ênfase nos aspectos sociais e ambientais relevantes

ao processo de restauração, incluindo a identificação do contexto de uso e degradação da área. O relatório deve incluir registros fotográficos sistematizados, que servirão como base comparativa para o monitoramento ao longo do tempo;

■ Mapa de Uso da Área antes da intervenção de restauração, representando por meio de mapa ou croqui a situação presente da área em restauração no momento do diagnóstico. Este mapa constitui um testemunho da realidade local e serve como marco inicial para o planejamento e o monitoramento.



FOTO: ASSOCIAÇÃO MURUNDU - PROJETO SIRIRI

3. PLANEJAMENTO DA RESTAURAÇÃO

O planejamento participativo constitui uma fase estratégica do processo de restauração ecológica. Nessa etapa, as informações coletadas nos diagnósticos social e ambiental da paisagem são utilizadas para determinar as técnicas de restauração a serem utilizadas em cada local, bem como desenhar as atividades operacionais específicas para executar a restauração. Além das técnicas em si, os diagnósticos e o planejamento participativo irão trazer informações importantes para o alinhamento de expectativas acerca das ações de restauração e direcionar a possível adoção de salvaguardas socioambientais que devem ser construídas, de acordo com as características dos públicos e ecossistemas envolvidos. É importante que esses procedimentos sejam definidos e validados de forma coletiva, compartilhando o protagonismo com as pessoas identificadas no processo de diagnóstico social. O planejamento pode ser conduzido com os(as) responsáveis por uma propriedade rural individual ou por comunidades inteiras, respeitando as especificidades territoriais e socioculturais de cada caso. Trata-se da transição do diagnóstico para a ação, apresentando uma clareza técnica e um alinhamento social que conduzirá todo processo de restauração.

O método de planejamento participativo a ser adotado nas ações de restauração vai depender diretamente da natureza do processo e dos públicos envolvidos. As ações de restauração no bioma Caatinga podem ter diversos objetivos e nuances, podendo ser agrupadas da seguinte forma:

Ações de restauração voltadas ao atendimento de condicionantes legais

São ações de restauração com objetivos, técnicas, cronogramas e locais geralmente pré-definidos, visando o atendimento das condicionantes estabelecidas por entes do poder público. Nesse contexto, o planejamento participativo pode ser voltado a identificar as comunidades localizadas no interior ou entorno direto das áreas de intervenção, informando-os dos métodos e procedimentos a serem realizados, coletando percepções e realizando ajustes possíveis dentro das limitações da execução pré-definidas. Neste ponto a população pode ser mobilizada para atuar diretamente nas ações durante todo o processo de acompanhamento do projeto, além de poderem atuar como aliados na sensibilização para a importância das ações de recuperação de áreas degradadas.

Ações de restauração voltadas à adequação ambiental de imóveis rurais

As ações de adequação ambiental dos imóveis rurais correspondem à maior parte do passivo de restauração hoje presente no bioma Caatinga (Melo et al., 2023), sendo relacionado ao cumprimento dos percentuais de vegetação nativa mandatórios em cada propriedade rural presente no bioma, estabelecidos através da lei de proteção à vegetação nativa (Lei Federal nº 12.651/2012). Nestas ações de restauração, o foco é restabelecer as áreas de preservação permanente (APPs) e Reservas Legais (RL) das propriedades rurais, dentro dos quantitativos previstos. Nestes casos, é importante mapear uma unidade de paisagem como a microbacia para entender todo o cenário de uso e relação das comunidades do entorno com as áreas a serem restauradas, reduzindo as possibilidades de conflito de interesses, e direcionando a adoção de salvaguardas socioambientais no processo. Igualmente ao ponto anterior, estas áreas podem contar com a participação da população do interior da propriedade e entorno durante o processo de implementação, e em sua possível utilização, após a ação de restauração estar concluída. No caso de se trabalhar a temática nas terras de terceiros, todo o processo de mobilização de áreas, adesão e planejamento coletivo é ainda mais importante.

Ações de restauração de caráter voluntário e/ou comunitário

Estes projetos de restauração podem ter diversos arranjos, escalas de atuação e atores envolvidos, podendo ser trabalhados por comunidades, organizações não-governamentais, associações locais, coletivos, entre outros. Nestas ações o planejamento participativo tem a nuance de estabelecer consensos acerca dos diversos objetivos e metas da restauração, além de buscar atender expectativas dos(as) beneficiários(as) envolvidos(as). Todo o processo de planejamento, concepção, intervenção e pós-plantio é pactuado com os atores envolvidos, podendo ser realizadas adaptações para o atendimento de demandas específicas de cada comunidade ou indivíduo.

Importante ressaltar que projetos de restauração podem se enquadrar em mais de uma classificação simultaneamente, e o nível de exigência e objetivos para os projetos a serem implantados pode variar, permitindo arranjos mais efetivos para adoção de planejamento participativo no processo.

PONTOS IMPORTANTES A SE CONSIDERAR DURANTE O PLANEJAMENTO

A importância do período certo para a implementação das ações de restauração

Planejamento ineficiente ou atrasos na execução, especialmente quando as ações de restauração, como plantios, ocorrem no final da estação chuvosa ou durante o período seco, aumentam significativamente os riscos de insucesso, como mortalidade das mudas e sementes e os custos das operações de plantio. Nesses casos, é necessário adotar medidas compensatórias, como irrigação de suporte, ou técnicas de sombreamento. Uma forma de mitigar atrasos no cronograma da restauração e garantir suprimento hídrico é realizando intervenções estruturais no solo (como terraços, barraginhas, cordões de contorno, entre outros) com foco em garantir acúmulo e infiltração de umidade no solo (Anexo II).

Variabilidade dos regimes de chuva

A Caatinga não possui um único regime pluviométrico. O regime de chuvas varia regionalmente, influenciado por sistemas atmosféricos associados tanto ao Atlântico Tropical quanto ao Norte do Brasil (Reboita et al., 2016). Por exemplo, no norte da Bahia as chuvas ocorrem tipicamente

entre janeiro e abril. Já no oeste de Pernambuco e partes do Ceará, as chuvas ocorrem de fevereiro a maio.

Além disso, existem zonas de transição, que estão relacionadas a áreas com períodos diversos de precipitação a depender da localização da área. Dessa forma, o cronograma de atividades não pode ser padronizado em todo o bioma, mas sim ser ajustado à realidade local de cada território, respeitando as variações regionais do início e término da estação úmida obtidas durante a etapa de diagnóstico.

Flexibilidade e ajustes em contextos climáticos extremos

Projetos de restauração devem considerar eventos climáticos de larga escala, como *El Niño* e *La Niña*, que alteram a distribuição de chuvas e podem comprometer a restauração. Nesses anos, é essencial 1) reavaliar cuidadosamente o cronograma; 2) acelerar a execução das atividades quando houver previsão segura de chuvas; 3) priorizar técnicas de irrigação de emergência, quando possível. Recomenda-se que durante a etapa de diagnóstico sejam ma-



FOTO: CEPAN

peadas ocorrências anteriores de eventos climáticos extremos, suas consequências para as populações locais e possíveis formas de adaptação já utilizadas no território.

Adaptações e inovações tecnológicas

Embora a plantação durante o período seco seja, em geral, desaconselhada, experiências inovadoras demonstram exceções. Um exemplo é a técnica desenvolvida pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que utiliza mudas com raízes alongadas, viabilizando plantios

mesmo fora da estação chuvosa. No entanto, tais abordagens ainda são específicas, dependendo das condições locais de degradação e solo, e requerem condições técnicas, logísticas e financeiras apropriadas. As recomendações de cronograma são especialmente válidas para intervenções com organismos vivos, como mudas, sementes e bioinsumos. Já ações de engenharia de solo que não envolvem seres vivos podem seguir cronogramas mais flexíveis, desde que garantam segurança e conforto mínimo às equipes de campo durante os períodos mais secos

e quentes do ano. Para processos de restauração que precisam ter a elaboração de um Plano de Restauração Ecológica (PRE) este é materializado por um relatório técnico com planejamento a partir do diagnóstico participativo com Memória da reunião participativa, com registro fotográfico e lista de presença, que evidencia a deliberação coletiva e Memória da reunião participativa, com registro fotográfico e lista de presença, que evidencia a deliberação coletiva do PRE, coletivo pode ser um proprietário de terra, um coletivo de pessoas, comunidades tradicionais.



4. IMPLEMENTAÇÃO DA RESTAURAÇÃO

A implementação marca o início das ações em campo e traduz, na prática, as decisões previstas no Plano de Restauração Ecológica (PRE). Essa fase deve ocorrer preferencialmente durante o período de chuvas, respeitando o calendário ecológico da Caatinga. O cronograma estabelecido no PRE orienta a execução das técnicas previstas, podendo ser ajustado de forma justificada diante de variações climáticas ou logísticas. Trata-se de uma etapa decisiva, pois dá materialidade ao planejamento.

Apesar das atividades detalhadas da fase de implementação da restauração variarem de acordo com as técnicas determinadas no PRE, uma recomendação indispensável para a execução das ações de maneira segura e alinhada com as boas práticas de trabalhos de campo é a adoção de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados.

Durante a fase de implementação da restauração ecológica, recomenda-se que sejam coletados dados sobre o processo de implementação da iniciativa, subsidiando a análise da eficiência da implantação e ajustes futuros para realidades semelhantes em casos de pontos a serem aprimorados. Exemplos de informações que podem ser registradas são: quantidade de pessoas trabalhando

no campo, tempo de implementação da iniciativa (com data de início e fim), registros de equipamentos e ferramentas utilizados, entre outros tipos de informações que indiquem a eficácia do projeto.

A execução técnica abarca todo o processo de preparação inicial (contratação e treinamento de equipe, aquisição e armazenamento de insumos, logísticas de transporte de material) até a finalização de sua execução, de acordo com cada técnica prevista. Cabe ressaltar, que a etapa de implementação da restauração deve possuir uma atenção especial para os itens e as boas práticas de segurança e salvaguardas das equipes de campo, procurando a legislação que esteja vigente relacionada a normas regulatórias para trabalhos no campo e em áreas abertas, mantendo a equipe de campo trabalhando de maneira segura.

MARCOS QUE MATERIALIZAM A FASE

Relatório técnico de implantação, com formato simples e operacional, acompanhado de registros fotográficos e dados do processo de implementação. Esse documento alimenta o sistema do CAR e serve como base de verificação para órgãos de controle e instituições financeiradoras.

5. MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO

O monitoramento da restauração é o processo que envolve medir ao longo do tempo variáveis que indiquem o status de regeneração da área de interesse, permitindo identificar necessidades de ajustes por meio do manejo adaptativo para cumprimento do Plano de Restauração Ecológico (PRE), com a possibilidade de ser iniciado antes da implementação, no tempo zero e/ou controle. Conforme recomendações da Society for Ecological Restoration (SER, 2021), os indicadores devem ser de fácil aplicação e capazes de refletir mudanças relevantes para o intervalo de tempo analisado.

Idealmente, o monitoramento contempla três dimensões: **1)** estrutura da vegetação; **2)** função ecossistêmica; e **3)** funções socioeconômicas (Figura 1). A estrutura da vegetação refere-se à densidade de indivíduos, cobertura do solo e riqueza de espécies. A função ecossistêmica considera indicadores como banco e chuva de sementes, espécies regenerantes, ciclagem de nutrientes, acúmulo de serrapilheira e estoque de biomassa/carbono. Já as funções socioeconômicas captam benefícios tangíveis e intangíveis da restauração para as comunidades locais, como aumento da renda, segurança alimentar, fortalecimento da bioeconomia e inclusão de grupos prioritários.

No Brasil, o monitoramento da restauração é respaldado por regulamentações como a Instrução Normativa nº 14/2024 do IBAMA², que estabelece diretrizes para elaboração e monitoramento de Projetos de Recuperação de Áreas Degradas (PRAD), aplicáveis a todos os biomas. Também se destaca a Instrução Normativa nº 11/2014 do ICMBio³, voltada para PRADs em Unidades de Conservação. No contexto dos Programas de Regularização Ambiental (PRAs), apenas o estado da Bahia dispõe de um protocolo

regulamentado de monitoramento, evidenciando a urgência de ampliar essa regulamentação para os demais estados do bioma Caatinga.

Em alinhamento com os princípios da SER e da Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE), foram elaboradas questões norteadoras para o planejamento e execução do monitoramento, aumentando sua relação com os objetivos do projeto, participação das partes interessadas e estratégias de organização e transparência dos dados (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplo de questões norteadoras para o monitoramento da restauração ecológica da Caatinga.

| | |
|---|---|
| Questões norteadoras para o Monitoramento da Restauração da Caatinga | <p>Os métodos de monitoramento são apropriados aos objetivos do projeto?</p> <p>O monitoramento foi desenhado previamente para acompanhar o cumprimento de metas específicas e objetivos mensuráveis identificados?</p> <p>Os métodos de monitoramento são de fácil mensuração e alinhados com o contexto do projeto?</p> <p>As partes interessadas do projeto estão envolvidas no desenho ou execução do monitoramento?</p> <p>Existe planejamento para organização e compartilhamento dos dados a serem coletados durante o monitoramento entre todas as partes interessadas?</p> |
|---|---|

2 Instrução Normativa 14/2024 Ibama: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=139412#:~:text=Estabelece%20procedimentos%20para%20elabora%C3%A7%C3%A3o,%20apresenta%C3%A7%C3%A3o,biomas%20e%20suas%20respectivas%20fitofisionomias.>

3 IN 11, de 11 de dezembro de 2014 - ICMBio: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/in_11_2014.pdf

FATORES DE DEGRADACÃO

Presença de animais pastejantes, fogo, processos erosivos, corte de árvores, entre outros

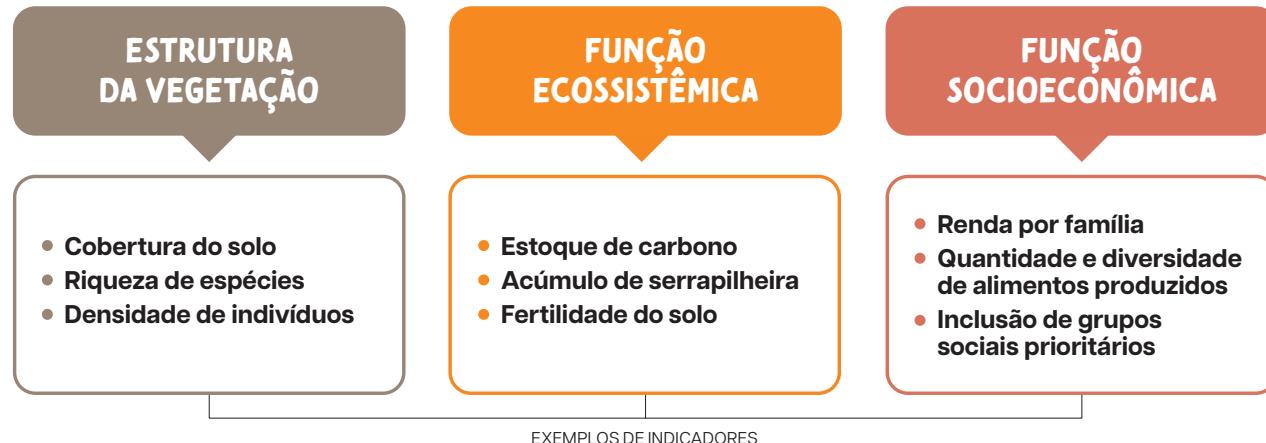


FIGURA 1. Tipos de indicadores de monitoramento da restauração adotados neste protocolo, incluindo a separação em diferentes critérios

Em projetos de restauração que possuam estrutura para coleta de dados, recomenda-se que seja realizada uma primeira medição dos atributos antes da implementação da restauração, etapa conhecida como tempo zero ou linha de base, com a finalidade de estabelecer a referência inicial para comparação. Em casos de projetos que apresen-

tem limitação de recursos ou quando for inviável realizar tal adaptação, uma estratégia interessante que pode ser adotada é a separação de uma área sem intervenção para servir como um testemunho da ausência de intervenção. Nesse caso, a coleta de dados para o monitoramento pode ser realizada nesta área, representando o tempo zero.

4 O Protocolo de Acompanhamento do Parque Nacional da Chapada Diamantina (Projeto Águas do Sincorá) exemplifica esse processo de acompanhamento dos projetos, com marcos bem estabelecidos: https://drive.google.com/file/d/1a7JMjWTZThA_pTjXf2_1QvZAJ3RXhjvU/view

5 Observatório da Restauração e do Reflorestamento: <https://observatorioredarestauracao.org.br/home>

Além do monitoramento dos atributos se realizam os monitoramentos de operação para cuidar das ações de implementação ou manejo adaptativo, especialmente nos casos em que há plantio de sementes, mudas ou inoculação de microrganismos. Nessas situações, o cuidado técnico no período pós-plantio se torna determinante para o sucesso da restauração, exigindo observação mais frequente e sensível às condições do campo.

É imprescindível o acompanhamento contínuo da implementação do projeto, englobando a gestão das equipes, dos recursos e o cumprimento dos marcos operacionais. Essa prática, ainda pouco valorizada, é essencial para garantir eficiência técnica, redução de custos e maior impacto positivo das ações⁴.

O processo de acompanhamento também deve culminar em uma etapa de comunicação estruturada dos dados coletados e ações realizadas. Essa prática, conhecida como etapa de report, contribui para maior transparência, rastreabilidade e avaliação do progresso das metas de restauração. Uma das plataformas recomendadas para essa finalidade é o Observatório da Restauração e do Reflorestamento (ORR)⁵ que possui parceria com os coletivos da sociedade civil para a

restauração ecológica, que, no caso da Caatinga, é representada pela ReCaa. Essa integração com o ORR e ReCaa possibilita o compartilhamento de polígonos georreferenciados, dados técnicos e metodologias aplicadas. A adesão a plataformas abertas fortalece a governança da restauração e amplia o acesso à informação para todas as partes interessadas.

Dessa forma, a implementação, o monitoramento e o acompanhamento articulado das ações de restauração na Caatinga devem ser conduzidos com rigor técnico, participação social e alinhamento aos marcos legais e científicos nacionais e internacionais, garantindo efetividade ecológica, social e institucional no enfrentamento da degradação ambiental no semiárido brasileiro.

MARCOS QUE MATERIALIZAM A FASE

Relatório de monitoramento da restauração contendo indicadores mensurados, análises gerais da situação da área com base nos indicadores e descrição das ações necessárias para adequar os indicadores em campo e realizar a restauração da área.

FOTO: NEMA/UNIVASF



6. MANEJO ADAPTATIVO DA RESTAURAÇÃO

O manejo adaptativo é considerado uma estratégia essencial para garantir a eficácia da restauração ecológica ao longo do tempo, especialmente em ambientes de alta variabilidade climática e socioecológica, como a Caatinga. Esta abordagem permite responder de forma flexível, responsiva e fundamentada às mudanças, falhas ou imprevistos observados ao longo do processo de restauração (Gunderson, 2011).

Baseando-se nos resultados obtidos durante o monitoramento periódico, o manejo adaptativo incorpora um processo de aprendizagem contínua, no qual o planejamento original é revisado e atualizado com base em dados reais de campo, com o objetivo de alinhar as ações com os limites ecológicos locais, os saberes tradicionais e os objetivos do Plano de Restauração Ecológica (PRE).

As principais intervenções corretivas ou otimizadoras que integram o manejo adaptativo incluem:

- **Replantio complementar** de espécies com baixa taxa de sobrevivência;
- **Correção de espaçamento ou adensamento** com base em desempenho desigual entre parcelas;

- **Adoção de técnicas de conservação de solo e água adicionais**, como curvas de nível, cordões de pedra ou cobertura morta com palhada local;
- **Substituição de técnicas ineficazes**, como troca de insumos ou alteração do preparo de solo;
- **Controle de espécies exóticas invasoras** ou dominância de espécies oportunistas;
- **Reposição e manutenção de infraestruturas** (cercas, aceiros, bacias de retenção, etc.);
- **Ações de manutenção fitossanitária**, como coroamento, poda, tutoramento ou irrigação de salvamento;
- **Ajuste nos indicadores de monitoramento**, caso os parâmetros originalmente definidos não estejam refletindo com precisão a dinâmica ecológica do local.

De acordo com o IPBES (2022) e os princípios da Society for Ecological Restoration (Gann et al., 2019), o sucesso da restauração não depende de rigidez no cumprimento do Plano, mas sim da capacidade técnica de adaptação estratégica e transparente das ações.



FOTO: NEMA/UNIVASF

MARCOS QUE MATERIALIZAM A FASE

A fase deve ser registrada por meio de um Relatório Técnico de Manejo Adaptativo, contendo:

- Justificativa técnica detalhada para cada intervenção;
- Evidências fotográficas e georreferenciadas do antes e depois;
- Resultados comparativos com os indicadores de referência;
- Plano de continuidade ou novas metas pós-ajuste;
- Declaração de conformidade com as metas do PRE.

Este relatório é essencial não apenas para documentação institucional, mas também para fins de auditoria junto a possíveis apoiadores e integração a sistemas oficiais, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) ou Programas de Regularização Ambiental (PRA).

7. ETAPA DE RECUPERAÇÃO DO ECOSISTEMA

A última etapa do processo de restauração ecológica na Caatinga postulada neste documento é a fase de Recuperação, fase defendida pela SER como a finalização do processo ativo de restauração (Gann et al., 2019). Trata-se de um ponto crítico do ciclo da restauração, pois representa a transição da intervenção ativa para a autossustentabilidade ecológica do sistema restaurado, ou seja, quando não é necessário realizar ações de manejo para alcançar a trajetória de sucessão esperada. Para que a área possa ser considerada “restaurada”, é necessário que os indicadores definidos no Plano de Restauração Ecológica (PRE) baseados em ecossistemas de referência tenham sido integralmente alcançados ou superados.

Esses atributos podem incluir:

- **Composição espécies da flora diversificada**, com presença de espécies nativas de diferentes grupos ecológicos (pioneeras, secundárias, clímax);
- **Regeneração natural ativa**, indicada pela presença de plântulas e regenerantes espontâneos;

■ **Evidências de funcionalidade ecológica**, como recrutamento de espécies, ciclagem de nutrientes, formação de serrapilheira, atividade de fauna dispersora;

■ **Integração com a paisagem circundante**, conectividade ecológica e estabilidade estrutural.

Essa avaliação baseia-se nos dados consolidados ao longo do monitoramento e sinaliza que a trajetória da sucessão ecológica está suficientemente avançada ou estabilizada. O atingimento dos critérios estabelecidos no PRE permite concluir formalmente o ciclo da restauração no âmbito de exigências legais (como o CAR) ou contratuais (como com financiadores de projetos).

MARCOS QUE MATERIALIZAM A FASE

Relatório técnico de conclusão das atividades de restauração, com linguagem objetiva e fundamentada nos dados de monitoramento. O documento deve comprovar o alcance dos atributos definidos no PRAD e apresentar registros que subsidiem o encerramento do processo junto ao sistema do CAR ou a instâncias financeiras, quando aplicável.



FOTO: GEF TERRESTRE - IDESA BRASIL



CAPÍTULO 3
RESUMO DAS TÉCNICAS
DE RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA DA CAATINGA

QUADRO SÍNTESE DAS TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO DA CAATINGA



FOTO: NEMA/UNIVASF

A implementação da restauração da Caatinga ocorre por meio de técnicas definidas na fase de planejamento da restauração. No Quadro 1 são apresentadas as técnicas de maneira direta e resumida, incluindo o objetivo desejado para a restauração, nível de intervenção necessário, custo estimado para a sua implementação, principais benefícios decorrentes de cada técnica e limitações ou principais desafios. Cabe ressaltar que independentemente da técnica selecionada, deve haver um alinhamento entre os princípios da restauração recomendados, bem como as necessidades de cada etapa recomendada da restauração, ambos descritos neste documento.

QUADRO 1

Comparação entre diferentes técnicas de restauração ecológica utilizadas na Caatinga, com foco nos objetivos principais. Essas informações auxiliam na escolha da técnica mais adequada para cada contexto de degradação e potencial de restauração.

| TÉCNICA DE RESTAURAÇÃO | OBJETIVO PRINCIPAL | NÍVEL DE INTERVENÇÃO | CUSTO ESTIMADO | PRINCIPAIS BENEFÍCIOS | LIMITAÇÕES / DESAFIOS |
|------------------------------------|--|----------------------|--|---|---|
| Sistema Agroflorestal (SAF) | Restauração Produtiva. Integração entre restauração e produção agrícola | Alta | Variável conforme espécies e estrutura | Geração de renda, segurança alimentar, inclusão social | Necessidade de capacitação técnica, apoio institucional e adequação ao contexto cultural. |
| Nucleação | Restauração Ecológica. Facilitar regeneração natural e conectividade ecológica | Moderada a alta | Variável, depende dos materiais e mão de obra | Aumento da biodiversidade, atratividade para fauna, melhor microclima | Eficiência limitada sem melhoria do solo, mão de obra intensiva |
| Plantio de Mudas | Restauração Ecológica. Restabelecer estrutura e diversidade com espécies nativas | Alta | Alto (viveiro, logística, manutenção) | Rápida cobertura, aumento de biomassa, diversidade dirigida | Alta mortalidade inicial, necessidade de manutenção e cercamento |
| Semeadura direta | Restauração Ecológica. Restabelecer estrutura e diversidade com espécies nativas | Alta | Moderado | Rápida cobertura, baixo nível de manutenção necessário, alta diversidade de espécies, benefícios socioeconômicos para coletores de sementes | Necessidade de insumos de alta qualidade, risco de não germinação de sementes em áreas mais expostas a temperaturas altas |
| Transposição de Solo | Restauração da saúde do solo. Reintroduzir banco de sementes e organismos do solo | Moderada | Moderado (transporte e coleta planejada) | Melhoria da estrutura e fertilidade do solo, regeneração natural | Risco de degradação da área fonte; disponibilidade de solo compatível |
| Cobertura Morta | Restauração do microbioma do solo. Reduzir evaporação, proteger o solo e reter umidade | Baixa | Baixo | Melhoria microclimática e redução de impacto das chuvas | Depende da disponibilidade de material orgânico local |
| Muretas de Pedra | Restauração hidroambiental. Conter erosão e aumentar infiltração hídrica | Moderada | R\$ 500,00/ 100m lineares | Redução de sedimentos e erosão, infiltração de água | Demanda marcação precisa e mão de obra inicial |
| Terraceamento | Restauração hidroambiental. Reduzir escoamento e perda de solo em áreas inclinadas | Alta | Moderado a alto, requer estrutura e manutenção | Retenção hídrica, formação de platôs para vegetação | Manutenção periódica, demanda controle de compactação |



CAPÍTULO 4
MONITORAMENTO DA
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA
DA CAATINGA

COMO O PROTOCOLO FOI CONSTRUÍDO E COMO UTILIZÁ-LO

Introdução ao Protocolo de Monitoramento da Restauração da Caatinga

O presente documento técnico consolida as recomendações para o monitoramento da restauração ecológica da Caatinga, estruturado em uma abordagem que possa oferecer flexibilidade e aplicabilidade em diferentes contextos socioambientais, institucionais e operacionais.

Esta versão apresenta indicadores mínimos essenciais para o acompanhamento da restauração ecológica, com foco em praticidade e aplicabilidade em campo. Foi concebida para atender projetos que operam com restrições de recursos humanos, financeiros e tecnológicos, sem comprometer a coleta de informações relevantes e alinhadas às boas práticas de restauração.

O protocolo de Monitoramento da Restauração da Caatinga é indicado especialmente para:

- **Técnicos** de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER);
- **Agentes públicos** que executam instrumentos legais (ex.: IBAMA, ICMBio, órgãos estaduais e municipais);
- **Proprietários rurais** com recursos limitados;
- **Projetos socioambientais** integrados que envolvam aspectos de produção, segurança hídrica, cultural ou alimentar.

A estrutura do Protocolo garante viabilidade técnica e operacional, promovendo adesão em larga escala e monitoramento com base em indicadores quantitativos básicos.

Adaptação de indicadores conforme contexto da restauração

Dependendo da estratégia de restauração adotada e do tipo de intervenção, ajustes nos indicadores sugeridos podem ser necessários. Por exemplo, projetos que utilizam Sistemas Agroflorestais (SAFs) ou suas variações, frequentemente apresentam configurações distintas e objetivos híbridos (produtivos e ecológicos). Nesse caso, é admissível a modificação ou complementação dos indicadores, desde que a mudança seja tecnicamente justificada.

IMPORTANTE: Essa flexibilidade é válida para projetos voluntários e experimentais. No entanto, projetos vinculados a exigências legais, compensações ambientais ou termos de ajustamento de conduta (TACs) devem seguir estritamente o arcabouço normativo vigente, como o disposto nas Instruções Normativas do IBAMA, ICMBio e nas diretrizes dos Programas de Regularização Ambiental (PRA).

Recomenda-se que qualquer alteração nos indicadores seja registrada pelo(a) responsável técnico(a), incluindo:

- **Justificativa técnica** para a modificação;
- Registro formal no relatório de monitoramento;
- **Alinhamento com os objetivos originais** do Plano de Restauração Ecológica (PRE).

Categorias de Monitoramento

Para uma avaliação abrangente e sistêmica da restauração, os indicadores foram organizados em três grandes categorias:

1. Estrutura da Vegetação:

composição, densidade, riqueza e cobertura vegetal;

2. Função Ecossistêmica:

processos como recrutamento, ciclagem de nutrientes, biomassa, infiltração hídrica;

3. Função Socioeconômica:

benefícios gerados para a população local (ex: renda, segurança alimentar, participação social).

FOTO: GEF TERRESTRE



Essas categorias são detalhadas nos capítulos seguintes, com a descrição dos indicadores correspondentes, métodos de coleta, critérios de avaliação e associação com a estratégia de restauração utilizada (regeneração natural assistida, plantio de mudas, SAFs, nucleação, entre outras). Também são abordados os fatores de degrada-

ção que afetam a sustentabilidade da restauração, como fogo, corte de árvores, pressão por herbivoria, presença de espécies invasoras, entre outros.

Para um modelo prático de coleta de dados, consulte o **Anexo I: Ficha-síntese para monitoramento da restauração ecológica da Caatinga em campo**.

PROTOCOLO DE MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA

O Protocolo de Monitoramento apresentado a seguir foi desenvolvido com foco na viabilidade técnica e operacional, considerando diferentes perfis de projetos e limitações comuns em iniciativas de campo, como falta de pessoal capacitado, recursos financeiros restritos e grandes extensões a monitorar.

A estrutura do protocolo segue o formato de tabela, com as seguintes colunas:

- Critério (estrutura, função ecossistêmica, função socioeconômica);
- Indicador (variável a ser monitorada);
- Verificador (evidência prática do indicador em campo);
- Metodologia (forma de coleta dos dados);
- Valores de referência (quando disponíveis), abrangendo, sempre que possível, um período de até 20 anos após a intervenção.

O protocolo está dividido em duas fases principais (Tabela 2):

FASE 1: Pós-implementação até formação da estrutura da vegetação (1 a 5 anos)

Nesta fase, os indicadores são voltados à estruturação inicial da vegetação, como número de indivíduos, taxa de sobrevivência, cobertura do solo e riqueza de espécies.

FASE 2: Estabelecimento da dinâmica do ecossistema (6 a 20 anos)

Foca no desenvolvimento funcional do sistema, com ênfase em processos ecológicos como recrutamento de indivíduos regenerantes, ciclagem de nutrientes, crescimento de árvores e regenerantes, presença de fauna, produção de serrapilheira (folhiço) e retorno de serviços ecosistêmicos. Devido à escassez de séries temporais longas na Caatinga, valores de referência para períodos superiores a cinco anos foram parcialmente baseados em evidências científicas de ecossistemas similares, especialmente outras florestas tropicais sazonais secas, conforme pre-

coniza a literatura científica (Reid et al., 2018; Gann et al., 2019), sempre com análise para o status de regeneração dos ecossistemas. Nos casos em que não foi possível estabelecer parâmetros confiáveis, os campos foram mantidos em aberto para complementação futura com base em dados locais, validações empíricas ou construção participativa de referenciais.



FOTO: CEPAN

TABELA 2

Relação dos principais aspectos relacionados ao monitoramento da restauração da Caatinga, considerando princípios, critérios, indicadores, verificadores e metodologias. Além disso, são apresentados valores de referência para as duas fases de projetos de restauração: Fase 1 e Fase 2 (de 6 a 20 anos desde a intervenção)

MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO – FASE 1: Pós-implementação até formação de estrutura da vegetação (1 a 5 anos)

| PRINCÍPIOS | CRITÉRIO | INDICADOR | VERIFICADOR | METODOLOGIA | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA O ANO 1 | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA 2-5 ANOS |
|------------|------------------------|--|--|---|---|--|
| Ecológico | Estrutura da vegetação | Sobrevivência de mudas | Percentual de mudas vivas | Contagem de indivíduos vivos presentes em parcelas e comparação com as quantidades inseridas/ plantadas na área | 40-60% de sobrevivência | 50-70% de sobrevivência das plantas inseridas na área (aplicado a projetos com replantio, sendo esta uma etapa recomendada, sobretudo na Caatinga) |
| | | Cobertura do solo por vegetação nativa | Percentual da cobertura do solo por vegetação nativa | Aferido pelo método de interceptação de pontos em linhas | Incremento de pelo menos 30% dos valores apresentados na implementação | Incremento de pelo menos 60% dos valores apresentados na implementação |
| | | Composição de grupos de espécies de semeadura direta | Percentual de contribuição de grupos de espécies na área | Aferido por meio de parcelas de 5 parcelas 1 x 1m lançadas aleatoriamente na área | 70% dos indivíduos germinados são do grupo de adubação verde ⁶ ; 30% das demais espécies | 50% dos indivíduos germinados são do grupo de adubação verde; 50% das demais espécies |

⁶ Adubação verde consiste na adição de plantas com potencial de reciclar os nutrientes no solo, como feijão-guandu e feijão-de-porco.

MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO – FASE 1: Pós-implementação até formação de estrutura da vegetação (1 a 5 anos)

| PRINCÍPIOS | CRITÉRIO | INDICADOR | VERIFICADOR | METODOLOGIA | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA O ANO 1 | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA 2-5 ANOS |
|------------|---------------------------|---|---|---|---|---|
| Ecológico | Estrutura do solo | Compactação do solo | Resistência mecânica do solo à penetração | Análise visual ou com penetrômetro de impacto e avaliação qualitativa | Compactação adequada a moderada | Compactação adequada |
| | | Umidade do solo | Percentual de umidade no solo | Sensores de umidade (higrômetro) | Incremento de pelo menos 20% dos valores apresentados na implementação | Incremento de pelo menos 50% dos valores apresentados na implementação |
| | | Processos erosivos | Nível da presença de processos erosivos | Análise visual e avaliação qualitativa | Ocorrência com intensidade de, pelo menos, média a baixa | Ocorrência com intensidade de, pelo menos, baixa a nula |
| | Fatores de Degradação | Ocorrência de fatores de degradação (animais pastejantes, fogo, formigas cortadeiras, cupins, espécies invasoras) | Categorias de enquadramento dos fatores de degradação presentes na área | Análise visual e avaliação qualitativa, mapeando os diferentes tipos de fatores de degradação na área e enquadrando em três categorias: 1) muito presentes, 2) com ocorrência e 3) raros. | Até 30% de ocorrência de fatores de degradação. Categoria 2) com ocorrência | Até 15% de ocorrência de fatores de degradação. Categoria 3) raros |
| Social | Participação social | Participação de atores sociais nas tomadas de decisão e etapas da intervenção | Percentual de pessoas participantes do total das partes interessadas | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Participação de pelo menos 70% dos representantes das partes envolvidas | Participação de pelo menos 70% dos representantes das partes envolvidas |
| | Satisfação dos envolvidos | Satisfação dos envolvidos | Nível de satisfação em relação ao uso da área, produção, dedicação, retorno financeiro e outros | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Intensidade de, pelo menos, média da satisfação das partes interessadas | Intensidade de média a alta da satisfação das partes interessadas |

MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO – FASE 1: Pós-implementação até formação de estrutura da vegetação (1 a 5 anos)

| PRINCÍPIOS | CRITÉRIO | INDICADOR | VERIFICADOR | METODOLOGIA | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA O ANO 1 | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO PARA 2-5 ANOS |
|------------------|---|--|--|---|--|--|
| Social | Transmissão de conhecimentos e habilidades | Avaliação de oficinas, reuniões participativas e/ou contribuições relevantes para o andamento da intervenção | Avaliação positiva de pelo menos 70% das partes interessadas | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Avaliação positiva de pelo menos 90% das partes interessadas | Compactação adequada |
| Econômico | Incentivos econômicos | Geração de postos de trabalho com mão de obra local | Percentual de postos de trabalho com mão de obra local | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Pelo menos 70% de mão de obra local | Pelo menos 70% de mão de obra local |
| | | Pagamento por serviços ambientais (PSA) para os provedores | Existência de contratos de PSA e transferência de renda para os provedores | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Existência de contratos e pagamentos justos de acordo com os valores médios previstos nas diretrizes disponíveis | Existência de contratos e pagamentos justos de acordo com os valores médios previstos nas diretrizes disponíveis |
| | Produção | Produção de itens alimentares e/ou não alimentares | Produção de alimentos e/ou não alimentares por área (kg/ha) | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais |
| | Comercialização | Comercialização de produtos alimentares e/ou não-alimentares | Montante de renda gerada pela comercialização | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais |

MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO – FASE 2: Estabelecimento da vegetação e da dinâmica do ecossistema (6 a 20 anos)

| PRINCÍPIOS | CRITÉRIO | INDICADOR | VERIFICADOR | METODOLOGIA | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO (6 A 10 ANOS) | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO (11 A 20 ANOS) |
|------------|-------------------------------------|---|---|---|--|--|
| Ecológico | Estrutura e composição da vegetação | Densidade de indivíduos | Quantidade de indivíduos herbáceos e/ou arbóreos nativos por área | Contagem do número médio de indivíduos presentes em parcelas de 20 m x 4 m, considerando altura mínima a partir de 30 cm e/ou diâmetro à altura do solo de 3 cm | É esperada a densidade média de 10 indivíduos por parcela. Em SAFs este valor pode variar de acordo com o tipo de modelo de produção e espécies utilizadas | É esperada a densidade média de 20 indivíduos por parcela. Em SAFs este valor pode variar de acordo com o tipo de modelo de produção e espécies utilizadas |
| | | Riqueza de espécies dos indivíduos herbáceos e/ou arbóreos estabelecidos | Número total de espécies de herbáceas e/ou arbóreas nativas por parcela | Contagem do número de espécies presentes em parcelas de 20 m x 4 m, incluindo regenerantes, considerando altura mínima de 0,3 metros | Pelo menos 15 espécies por parcela | Mais que 20 espécies arbustivo-arbóreas por parcela |
| | Processos ecossistêmicos | Produção de serrapilheira | Produção anual de serrapilheira | Utilizar coletor de 1 m x 1 m para coletar serrapilheira no chão da área de restauração dispostos aleatoriamente e em réplicas | Valores aproximados médios de biomassa dependentes das culturas, métodos e condições locais | Valores aproximados médios de biomassa dependentes das culturas, métodos e condições locais |
| | | Umidade do solo | Percentual de umidade no solo | Sensores de umidade (higrômetro) | Incremento de pelo menos 70% dos valores apresentados na implementação | Incremento de pelo menos 90% dos valores apresentados na implementação |
| Social | Satisfação dos envolvidos | Participação de atores sociais nas tomadas de decisão e etapas da intervenção | Percentual de pessoas participantes do total das partes interessadas | Coleta de informações com os restauradores via questionário/ entrevista e/ou análise de documentos | Participação de pelo menos 80% dos representantes das partes envolvidas | Participação de pelo menos 80% dos representantes das partes envolvidas |

MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO – FASE 2: Estabelecimento da vegetação e da dinâmica do ecossistema (6 a 20 anos) (Continuação)

| PRINCÍPIOS | CRITÉRIO | INDICADOR | VERIFICADOR | METODOLOGIA | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO (6 A 10 ANOS) | VALOR DE REFERÊNCIA SUGERIDO (11 A 20 ANOS) |
|------------|------------------------------|---|--|---|--|--|
| Social | Participação social | Participação de atores sociais nas tomadas de decisão e etapas da intervenção | Percentual de pessoas participantes do total das partes interessadas | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Participação de pelo menos 80% dos representantes das partes envolvidas | Participação de pelo menos 80% dos representantes das partes envolvidas |
| Econômico | Incentivos econômicos | Geração de postos de trabalho com mão de obra local | Percentual de postos de trabalho com mão de obra local | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Pelo menos 70% de mão de obra local, se aplicável | Pelo menos 70% de mão de obra local, se aplicável |
| | | Pagamento por serviços ambientais (PSA) para os provedores | Existência de contratos de PSA e transferência de renda para os provedores | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista e/ou análise de documentos | Existência de contratos e pagamentos justos de acordo com os valores médios previstos nas diretrizes disponíveis | Existência de contratos e pagamentos justos de acordo com os valores médios previstos nas diretrizes disponíveis |
| | Produção | Produção de itens alimentares e/ou não alimentares | Produção de alimentos e/ou não alimentares por área (kg/ ha) | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista | Valores aproxima-dos médios dependentes das culturas, métodos e condições locais | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais |
| | Comercialização | Comercialização de produtos alimentares e/ou não-alimentares | Montante de renda gerada pela comercialização | Coleta de informações com os restauradores via questionário/entrevista | Valores aproxima-dos médios dependentes das culturas, métodos e condições locais | Valores aproximados médios dependentes das culturas, métodos e condições locais |



CAPÍTULO 5
MANEJO ADAPTATIVO
DA RESTAURAÇÃO
NA CAATINGA



MANEJO ADAPTATIVO DA RESTAURAÇÃO DA CAATINGA

O manejo adaptativo é um componente estratégico para a restauração e visa corrigir desvios no processo de restauração ecológica, com base em dados de monitoramento. O manejo adaptativo deve ocorrer de maneira contínua, em que os resultados observados orientam a tomada de decisão e os ajustes de rota. As recomendações sugeridas neste Protocolo para a realização do manejo adaptativo incluem **árvore de decisão simplificada**, baseada em: **1) indicador observado; 2) status do indicador** (abaixo, dentro ou acima do esperado); **3) ação recomendada** (corretiva, preventiva ou de reforço).

Essa abordagem permite intervenções eficazes, como:

- Replantio ou adensamento de mudas;
- Instalação de barreiras contra erosão;
- Ajustes no cercamento ou controle de fauna invasora;
- Manejo de espécies exóticas invasoras ou reforço com facilitadoras nativas.

A Tabela 3 apresenta o conjunto de problemas mais comuns, diagnósticos baseados em indicadores e ações sugeridas, em formato de decisão operacional.

Por que monitorar com manejo adaptativo?

- Permite identificação precoce de falhas;
- Reduz desperdício de recursos e melhora a alocação de esforços;
- Garante transparência e rastreabilidade dos resultados;
- Fortalece a credibilidade dos projetos, especialmente em contextos com exigências legais ou compromissos climáticos;
- Contribui para a resiliência dos sistemas restaurados frente às mudanças climáticas e à variabilidade ambiental.

A restauração ecológica deve ser encarada como um processo de longo prazo, onde o monitoramento e o manejo adaptativo são os pilares que sustentam sua efetividade, legitimidade e impacto positivo sobre a biodiversidade nativa e os modos de vida locais.

A presença de remanescentes de vegetação precisa ser avaliada cuidadosamente, uma vez que a chegada de propágulos como sementes é um processo complexo. Cabe a observação durante o monitoramento se existe a chegada de

propágulos diferentes dos plantados inicialmente, com validações com proprietários no caso de moradores ou visitantes frequentes dessas localidades, considerando as suas percepções dessa chegada de sementes.

TABELA 3: Orientações de ações corretivas a serem tomadas em campo para diferentes indicadores que podem ser analisados, bem como suas formas de verificação em campo.

| INDICADOR | STATUS DE VERIFICAÇÃO DO INDICADOR EM CAMPO | CONTEXTO DA ÁREA | AÇÕES DE MANEJO ADAPTATIVO QUE PODEM SER ADOTADAS |
|--|--|---|---|
| Cobertura do solo por vegetação nativa menor o que valor de referência | | Área com ou sem vegetação remanescente, sem degradação da saúde do solo | <ul style="list-style-type: none"> ■ Execução de plantio com características de adensamento, com preferência para espécies de rápido crescimento, rápida formação de copa e resistência às condições climáticas da região, podendo ser utilizado plantio de mudas e/ou de sementes no processo; ■ Verificação de possíveis filtros e características ecológicas das espécies plantadas, que impliquem no não fechamento de dossel dos indivíduos plantados. |
| Riqueza de espécies arbóreas | Riqueza de espécies arbóreas abaixo do valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente sem degradação da saúde do solo | <ul style="list-style-type: none"> ■ Enriquecimento através de plantios de mudas do grupo de diversidade, predominantemente, ou através do plantio de sementes, através da muvuca, consorciando espécies necessárias ao ganho de riqueza do plantio; ■ Implantação de infraestruturas de atrativos de fauna, como poleiros artificiais, transposição de galharia, entre outros. |
| Densidade de indivíduos | Densidade de indivíduos abaixo do valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Adensamento através de plantios de mudas do grupo de recobrimento, ou através do plantio de semente, utilizando muvuca de sementes, consorciando com espécies que tenham características necessárias ao incremento da densidade do plantio. |

TABELA 3

| INDICADOR | STATUS DE VERIFICAÇÃO DO INDICADOR EM CAMPO | CONTEXTO DA ÁREA | AÇÕES DE MANEJO ADAPTATIVO QUE PODEM SER ADOTADAS |
|------------------------|--|---|--|
| Sobrevivência de mudas | Sobrevivência de mudas menor do que valor de referência esperado | Há presença de vegetação remanescente com potencial de propagação (fonte de propágulos) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verificação de possíveis filtros ecológicos para a mortalidade elevada de mudas em campo; ■ Replantio com indivíduos de tamanho maior e próximos aos indivíduos desenvolvidos para aumentar o efeito de facilitação na regeneração; ■ Plantar espécies facilitadoras, e quando possível, inserção de adubação verde para sombreamento e incremento de matéria orgânica/qualidade do solo em áreas abertas. ■ Controle de competidores nas áreas - herbáceas e/ou trepadeiras que possam estar ocasionando uma competição com as mudas plantadas; ■ Verificar a saúde do solo, buscando manejo para restauração da microbiota do solo por meio de bioinsumos; ■ Verificar a compactação do solo e revolvê-lo antes do replantio; ■ Verificação da fertilidade do solo, buscando correções de adubação; ■ Verificação de déficit hídrico no período de estabelecimento das mudas, com posterior direcionamento de ações de irrigação em campo; ■ Plantio de espécies atrativas de fauna desejável, auxiliando na expressão da regeneração natural; ■ Implantação de infraestruturas de atrativos de fauna, como poleiros artificiais, transposição de galharia, entre outros. |
| | | Há presença de vegetação remanescente com potencial de propagação (fonte de propágulos) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verificar e controlar a presença de formigas cortadeiras em campo; ■ Verificar presença de insetos exóticos (que não são oriundos do sistema) e controlá-los; ■ Verificar a consistência do isolamento da área, realizando reparos e/ou ajustes se for o caso. |

TABELA 3

| INDICADOR | STATUS DE VERIFICAÇÃO DO INDICADOR EM CAMPO | CONTEXTO DA ÁREA | AÇÕES DE MANEJO ADAPTATIVO QUE PODEM SER ADOTADAS |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Germinação de sementes | Germinação de sementes menor do que valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verificar a saúde do solo (microbiota, porosidade, presença e composição dos horizontes); ■ Verificar a acidez/fertilidade do solo; ■ Verificar a ocorrência de precipitação pluviométrica nos primeiros 60 dias após o plantio e se necessário, realizar irrigação de salvamento; ■ Transportar galharias e matéria morta para criar locais com sombra e umidade; ■ Verificar a compactação do solo e enterramento das sementes, e revolver o solo se necessário e possível; ■ Realizar a chuva de sementes abaixo de vegetação já estabelecida, utilizando uma muvuca de sementes e um mix de espécies facilitadoras/adubação verde nas proporções recomendadas para cada ecossistema/estágio sucessional; ■ Verificação de filtros ecológicos que possam estar dificultando a germinação/estabelecimento das sementes; ■ Verificar sinais de entrada de animais/herbivoria nas áreas. |
| Presença de sementes no solo | Banco de sementes menor do que valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Implantação de infraestruturas de atrativos de fauna, como poleiros artificiais, transposição de galharia, entre outros; ■ Realizar ações de enriquecimento do banco de sementes através de semeadura direta, utilizando muvuca com uma composição equilibrada entre os diferentes níveis sucessionais e adição de adubação verde para melhoria da qualidade do solo. ■ Melhorar, se possível, a permeabilidade da matriz de uso de solo da área de plantio, através da implantação de corredores ecológicos, “stepping stones” e atrativos para a chegada de fauna dispersora no local. |
| Presença de estratos da vegetação | Estratificação abaixo do valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Inclusão de indivíduos dos grupos de plantio necessários à melhoria da condição de estratificação, através de sementes ou mudas; ■ Verificar filtros ecológicos e/ou fatores de degradação que possam estar limitando o estabelecimento dos indivíduos e a estratificação do plantio. |

TABELA 3

| INDICADOR | STATUS DE VERIFICAÇÃO DO INDICADOR EM CAMPO | CONTEXTO DA ÁREA | AÇÕES DE MANEJO ADAPTATIVO QUE PODEM SER ADOTADAS |
|--|---|--|---|
| Presença/ densidade de indivíduos regenerantes | Regeneração natural abaixo do valor de referência | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verificação de possíveis filtros ecológicos para o desenvolvimento das mudas em campo; ■ Verificar a saúde do solo (microbiota, porosidade, presença e composição dos horizontes); ■ Fazer transporte de serrapilheira para aumentar a umidade do solo, entrada de nutrientes e Fungos micorrízicos; ■ Plantar espécies facilitadoras, e quando possível, inserção de adubação verde para sombreamento e incremento de matéria orgânica/qualidade do solo em áreas abertas; ■ Implantação de infraestruturas de atrativos de fauna, como poleiros artificiais, transposição de galharia, entre outros; ■ Verificar a fertilidade/acidez/compactação/profundidade do solo ■ Verificação de déficit hídrico no período de estabelecimento dos indivíduos, com posterior direcionamento de ações de irrigação em campo; ■ Controle de possíveis competidores e/ou fatores de degradação existentes. |
| Produção de serrapilheira | Produção de serrapilheira não adequada ao tempo de restauração e cobertura do solo | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Ajustar o crescimento dos indivíduos e a densidade de vegetação na área baseado nos tópicos anteriores; ■ Inclusão de espécies com capacidade de incorporação de matéria orgânica/ serrapilheira a curto prazo (e.g. adubação verde ou espécies nativas facilitadoras). |
| Engajamento social | Baixo engajamento ou mobilização social após as ações de implementação da restauração | Restauração realizada em propriedades privadas ou com propriedades privadas ao seu redor e que utilizavam a área anteriormente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Realizar acompanhamento continuado com lideranças ou pontos focais locais, para rápida identificação de conflitos ou baixo engajamento entre as pessoas; ■ Executar reuniões presenciais para reconstrução do diálogo utilizando como foco as dores/ problemas trazidos pelas pessoas, oferecendo, sempre que possível, perspectivas para solução dos conflitos; ■ Articular com instituições locais para aumentar as chances de continuidade de projetos socioambientais nas áreas em restauração, somando esforços e aumentando co-benefícios para as pessoas. |

TABELA 3

| INDICADOR | STATUS DE VERIFICAÇÃO DO INDICADOR EM CAMPO | CONTEXTO DA ÁREA | AÇÕES DE MANEJO ADAPTATIVO QUE PODEM SER ADOTADAS |
|---|--|--|--|
| Espécies exóticas invasoras⁷ | Presença de espécies exóticas invasoras na área de plantio/ restauração | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Realizar a supressão da vegetação exótica invasora através de corte raso, controle químico e/ou anelamento; ■ Controle contínuo e frequente da presença de espécies exóticas invasoras na área, analisando se existe precedente para a reprodução e crescimento descontrolado em caso de não haver manejo adaptativo. |
| Pisoteio ou remoção de propágulos por meio de animais de pastejo | Presença de animais de pastejo na área de plantio/ restauração | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Estabelecer e/ou reforçar o isolamento das áreas; ■ Contatar locais visando a identificação dos(as) proprietários(as) dos animais, visando sensibilização; ■ Reforçar a sinalização da área de plantio. |
| Presença de formigas cortadeiras | Presença de formigas cortadeiras se alimentando de regenerantes ou indivíduos inseridos no sistema | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Inserção de controle de formigas cortadeiras através da utilização de formicidas industriais e/ou artesanais ou outra técnica de controle; ■ Acompanhamento continuado para garantir que o efeito das formigas cortadeiras não seja mais deletério na regeneração natural. |
| Presença de cupins | Presença de cupins se alimentando de regenerantes ou indivíduos inseridos no sistema | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Controlar e/ou remover cupinzeiros; ■ Acompanhamento continuado para garantir que o efeito dos cupins não seja mais deletério na regeneração natural. |
| Presença de queimadas | Sinais de queimadas ativas ou passadas na área de restauração | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Realizar o estabelecimento de aceiros em todo o perímetro da área de plantio; ■ Dialogar com moradores e pessoas que transitam no local para entender o contexto da ocorrência de fogo na área. |
| Corte seletivo de madeira | Presença de sinais de corte seletivo de madeira | Área com ou sem vegetação remanescente | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verificar o isolamento da área e se certificar do não acesso de pessoas não autorizadas na área; ■ Tomar as devidas providências legais em caso de contravenções identificadas; ■ Identificar responsáveis/causas do corte seletivo. |

⁷ Destaca-se que o plantio de espécies exóticas é permitido pela Lei nº 12.651/2021 como parte de alguns arranjos de recuperação ambiental, porém as espécies exóticas invasoras devem ser fortemente evitadas em decorrência do risco do seu estabelecimento e reprodução sem controle



CAPÍTULO 6
BOAS PRÁTICAS PARA
GESTÃO DE DADOS DE
PROJETOS DE RESTAURAÇÃO
NA CAATINGA

ORGANIZAÇÃO, GESTÃO E COMPARTILHAMENTO DE DADOS EM PROJETOS DE MONITORAMENTO

As atividades de monitoramento geram, ao longo do tempo, um volume expressivo de informações ambientais, operacionais e sociais que, se devidamente sistematizadas, representam uma base estratégica para o aperfeiçoamento das práticas de restauração ecológica na Caatinga.

Nesse contexto, é essencial fomentar uma cultura de organização, armazenamento e gestão de dados, tanto em iniciativas locais quanto em programas regionais ou nacionais. **Um sistema bem estruturado de gestão de dados facilita a análise, interpretação e comunicação dos resultados**, além de preservar o histórico técnico dos projetos para consultas futuras e ajustes no manejo adaptativo.

Este tópico apresenta boas práticas recomendadas para a sistematização e uso estratégico dos dados de monitoramento, alinhadas aos princípios da Society for Ecological Restoration (SER, 2022). As recomendações estão sumarizadas na Tabela 5 e incluem aspectos técnicos, operacionais e éticos sobre o uso, o reuso e o compartilhamento de dados.

Além dos indicadores ecológicos: dados complementares essenciais para a restauração

Para além dos dados ecológicos convencionais (ex.: cobertura vegetal, biomassa, regeneração), é recomendado que as equipes responsáveis pelo monitoramento considerem a coleta e o registro de informações acessórias, especialmente em projetos com maior capacidade técnica ou institucional.

Esses dados incluem:

- **Custos operacionais** (mão de obra, insumos, transporte, manutenção);
- **Carga horária dedicada** por tipo de atividade;
- **Especificações técnicas** de insumos e equipamentos utilizados;
- **Dados geoespaciais** (shapefiles, coordenadas, delimitações de área restaurada);
- **Relatórios fotográficos** e vídeos com metadados (data, localização, autor);
- **Narrativas locais** e percepções de comunidades envolvidas (Tabela 7).

Essas informações enriquecem o processo avaliativo e aumentam a reprodutibilidade e transparência dos resultados, contribuindo para uma base de dados robusta e comparável entre diferentes projetos, além de garantir o monitoramento baseado em dados do processo de restauração.



FOTO: NEMAY/UNIVASF

A importância da sistematização dos dados de restauração na Caatinga

Na Caatinga, onde ainda há lacunas significativas de pesquisa aplicada e de dados ecológicos históricos, a sistematização das informações de campo representa um passo fundamental para o avanço científico e técnico da restauração no bioma. Esse tipo de estratégia pode permitir a tomada de decisões baseadas em experiências verificadas em campo, aumentando o impacto das ações de restauração.

A ausência de séries temporais, bancos de dados consolidados e plataformas colaborativas tem dificultado a construção de cenários preditivos e a replicação de boas práticas de restauração em escala. Por isso, recomenda-se que cada projeto, independentemente de seu porte, adote estratégias de registro estruturado dos dados de monitoramento e de suas decisões operacionais.

Compartilhamento: da gestão interna à rede colaborativa

Os dados gerados podem (e devem) ser compartilhados por meio de fóruns colaborativos, redes temáticas e plataformas abertas, ampliando o alcance das experiências locais. **A Rede para**



FOTO: KARIRI-XOCÓ

Restauração da Caatinga (ReCaa) atua como um nó articulador para essa troca de aprendizados e como repositório técnico-informacional, estimulando a sinergia entre diferentes atores do bioma.

Outros fóruns relevantes incluem:

- Observatório da Restauração e do Reflorestamento (ORR), com análise e aval da ReCaa;
- Plataformas estaduais vinculadas aos Programas de Regularização Ambiental (PRA);
- Bases de dados institucionais ou regionais coordenadas por universidades e ONGs.

MODELO DE PLANILHA DE GESTÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO DO PROJETOS DE RESTAURAÇÃO (TABELA 5)

Pode ser adotado na gestão de múltiplos projetos e intervenções de restauração na Caatinga. Além disso, é apresentado um modelo de organização de metadados (ou descrição de cada coluna para facilitar consultas à base de dados futuramente) na planilha.

| CÓDIGO | PROPRIETÁRIO(A) | INTERVENÇÕES REALIZADA | DATA RESTAURAÇÃO | INDICADOR | MONITORAMENTO | DATA MONITORAMENTO | UNIDADE DA AMOSTRA | LINK PARA MAPA | VALOR DO INDICADOR |
|--------|-----------------|------------------------|------------------|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 001 | José Antônio | SAF | 01/01/2021 | Densidade de indivíduos plantados (ind.) | #1 | 01/02/2021 | Parcela 1 | Inserir link | 35 |
| 002 | José Antônio | Plantio 3 x 2 m | 01/02/2021 | Densidade de indivíduos plantados (ind.) | #1 | 01/02/2021 | Parcela 2 | Inserir link | 18 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 025 | José Antônio | SAF | 01/01/2021 | Densidade de indivíduos plantados (ind.) | #2 | 01/02/2021 | Parcela 1 | Inserir link | 45 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | | | | | | | | | |

LISTA DE METADADOS DA PLANILHA DE GESTÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO DO PROJETOS DE RESTAURAÇÃO

- **CÓDIGO** - Código criado para descrever cada polígono (área de intervenção) em cada propriedade. O objetivo é identificar posteriormente dados acessórios, como mapas e registros fotográficos sem precisar criar nomes para cada polígono.
- **PROPRIETÁRIO (A)** - Nome do(a) proprietário (a)
- **INTERVENÇÕES REALIZADA** - Tipos de intervenções realizadas na área, como métodos de restauração aplicados (plantio em área total, semeadura direta, SAF, etc.). Link para o Plano de Restauração (PRE) caso houver.
- **DATA RESTAURAÇÃO** - Data da execução da restauração em campo, para fins de comparação dos indicadores ao longo do tempo
- **INDICADOR** - Campo destinado para descrever qual indicador está sendo tratado em cada linha da planilha. Este campo foi projetado para comportar diferentes tipos de indicadores na mesma planilha.
- **MONITORAMENTO** - Referência para qual leitura de monitoramento está sendo tratada em cada linha. Ex.: Monitoramento #1 refere-se ao primeiro monitoramento executado. Essa coluna pode ser substituída pela data, porém tende a ser mais efetivo a descrição direta de qual leitura está sendo tratada. Link para os relatórios de monitoramento por ano, caso exista.
- **DATA MONITORAMENTO** - Data da coleta de dados em campo ou da obtenção do indicador.
- **UNIDADE DA AMOSTRA** - Descrição da unidade amostral que originou os dados. Por exemplo, em casos de coletas pontuais de solo no campo, a unidade amostral será o ponto de coleta (ponto 1, ponto 2, ponto 3...).
- **LINK PARA MAPA** - Espaço dedicado para colar links e dados que podem dar suporte ao monitoramento.
- **VALOR DO INDICADOR** - Espaço destinado para o registro do valor do indicador amostrado em campo ou obtido por satélite. Por exemplo, se o indicador “espessura de serrapilheira” foi coletado em campo, este campo poderia ter “10 cm” fazendo referência a espessura de folhas no solo que foi medida em campo.

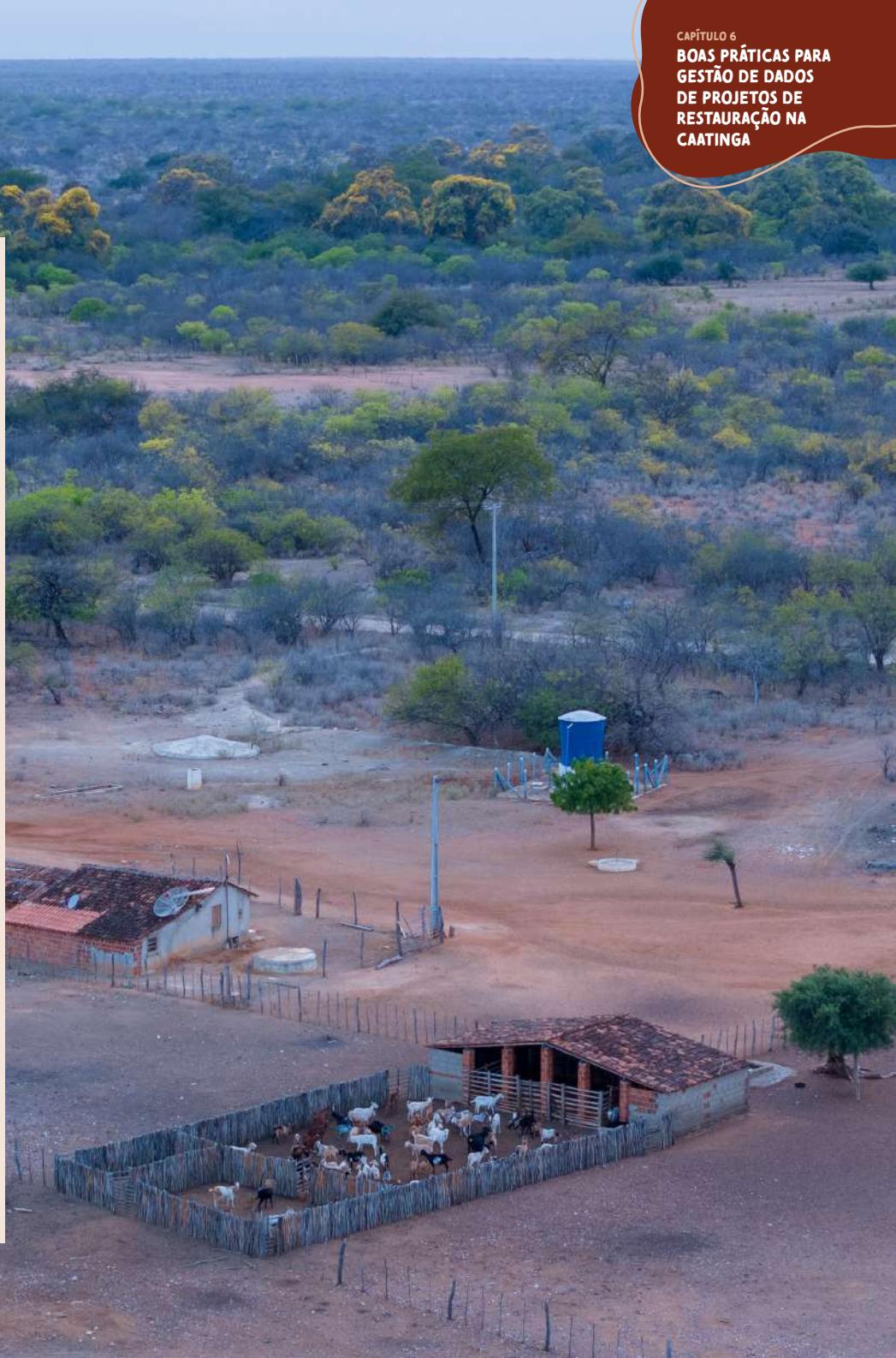


TABELA 6 Boas práticas para organização, armazenamento e compartilhamento de dados de projetos de restauração da Caatinga que podem alavancar a restauração da Caatinga. A tabela foi baseada, dentre outras fontes, em Gann et al. (2019, p. 70).

| ETAPA CONSIDERADA | BOAS PRÁTICAS SUGERIDAS |
|-------------------|--|
| Coleta | É importante que a informação do polígono de campo, ou seja, da área de intervenção da restauração re-presentada nos programas de análise de mapas, seja sempre que possível coletada e armazenada nas bases de dados do projeto/programa/instituição. Os formatos compatíveis podem ser “kmz”, “shapefile”, “kml”, entre outros |
| Organização | Recomenda-se utilizar planilhas com legendas claras, intuitivas e com os mesmos conjuntos de dados para todas as áreas. Evitar criar diferentes planilhas para cada área ou metodologia facilita a verificação dos dados no futuro, tratando a restauração como algo integrado |
| | As planilhas e bases de dados devem sempre possuir os chamados “metadados”, ou seja, explicações do que significa cada coluna, variáveis coletadas ou siglas. O objetivo é permitir que a planilha seja analisada anos depois e ainda seja possível entender rapidamente quais foram os dados coletados (ver Tabela 7) |
| Armazenamento | Fotos das planilhas e arquivos originais do campo para fins de verificação futura, incluindo fichas de campo ou anotações mais abrangentes. Esse tipo de prática funciona como um “seguro” em caso de perda de dados |
| Compartilhamento | É essencial definir, desde o início do projeto, em quais plataformas os dados serão submetidos (como o Observatório da Restauração e do Reforestamento - ORR) para organizá-los conforme os requisitos de cada uma |
| | Recomenda-se compartilhar os dados em plataformas de acesso livre, como bases de dados públicas, desde que seja avaliado se essa divulgação não trará impactos negativos, como restrições de financiadores ou parceiros |
| | É importante compartilhar informações de forma clara e disponibilizar documentos detalhados para as comunidades e grupos envolvidos na restauração, garantindo acesso ao conhecimento gerado, incluindo dados específicos sobre as ações realizadas em suas propriedades |

ANEXO I. INFORMAÇÕES GERAIS

1. Nome da Iniciativa/Projeto

2. Coleta de dados de monitoramento

| | |
|---------------------------------|--|
| Nome do responsável pela coleta | |
| Contato | |
| Data da coleta | |

3. Organização responsável do projeto

| | |
|--|--|
| Nome da instituição/organização | |
| Pessoa responsável pela coleta de dados em campo | |
| Email | |
| Telefone | |
| Parceiros do projeto (contratante, proprietários de terra, associações, assentamentos, etc.) | |
| Nome e apelido (caso tenha) | |
| Contato | |

4. Sobre o projeto

| Objetivos Ecológicos | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Conectividade para a vida selvagem | <input type="checkbox"/> Aumentar a biodiversidade |
| <input type="checkbox"/> Fortalecimento do valor das áreas protegidas | <input type="checkbox"/> Fornecimento de água |
| <input type="checkbox"/> Proteção de espécies de plantas endêmicas e manutenção do patrimônio genético | <input type="checkbox"/> Estabilização do solo |
| | <input type="checkbox"/> Sequestro de carbono |
| | <input type="checkbox"/> Outros |

Objetivos Sociais

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Restauração produtiva ou usos alternativos do solo | <input type="checkbox"/> Adequação ambiental |
| <input type="checkbox"/> Valores culturais | <input type="checkbox"/> Compensação ambiental |
| <input type="checkbox"/> Fins de educação e conscientização | <input type="checkbox"/> Outros |

Objetivos Econômicos

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Geração de postos de trabalho | <input type="checkbox"/> Pagamento por Serviços Ambientais |
| <input type="checkbox"/> Comercialização de produtos florestais | <input type="checkbox"/> Outros |
| <input type="checkbox"/> Comercialização de produtos florestais não-madeireiros | |

O projeto possui capacidade de gerir os dados da restauração (polígonos espaciais, fotografias, planilhas de espécies inseridas, entre outros)?

| | | | |
|---|--|-----------------------------|--|
| Quantidade de hectares destinados à restauração | | | |
| Data de início da implementação | | Data final da implementação | |

Técnica(s) de restauração aplicada(s) na área

| | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Isolamento | <input type="checkbox"/> Adensamento |
| <input type="checkbox"/> Nucleação | <input type="checkbox"/> Plantio de mudas |
| <input type="checkbox"/> Controle de plantas competidoras | <input type="checkbox"/> Enriquecimento |
| <input type="checkbox"/> Semeadura direta | <input type="checkbox"/> Sistemas agroflorestais (SAFs) |

Caso existam informações complementares sobre técnicas, descreva abaixo

ANEXO II. MODELO DE QUADRO DE CRONOGRAMA PARA PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE RESTAURAÇÃO

Cronograma de campo com atividades-chaves adaptáveis para diferentes cenários de iniciativas de restauração da Caatinga. Foram considerados quatro meses de período chuvoso apenas para fins de ilustração, podendo este tipo de cronograma ser adaptado para diferentes cenários de chuva a depender da localidade de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, U. P. et al. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1–18, 2012.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; MATSUMOTO, M.; FONSECA, C. R. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 10, p. 2064-2074, out. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13686>>.
- CASANOVA, M. et al. Long-term monitoring of soil fertility for agroforestry combined with water harvesting in Central Chile. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 58:sup1, S165- S169, 2012.
- CECCON, E. Forest restoration in times of crisis: Opportunities and challenges in the human dimension. Forest Lansdscape Restoration Social Opportunities in a Tropical World; Pinto, SRR, Santos, FC, Prescott, C., Eds, p. 11-28, 2020.
- CECCON, E. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. **Ediciones Díaz de Santos/UNAM**, Mexico, 2013.
- DÍAZ-TRIANA, J. E. et al. Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia): Programa y resultados preliminares. **Caldasia**, v. 41, n. 1, p. 60-77, 2019.
- DRYFLOR. **Manual de Campo para Estabelecimento e Remediação de Parcela**. 2020
- GANN, G. D. et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**, v. 27, n. S1, set. 2019.
- MARIN-PÉREZ, A.; CUNHA, J.E.B; COSTA, L.D.A.; OLIVEIRA, S.H.; BEZERRA, U.A. **Boletim Temático: Desertificação**. INSA, OCA, UFCG, SUDENE e MDR. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/boletins-tematicos/arquivos/blt-sdn-desert.pdf>>.
- MELO, F. P.; MAZZOCHINI, G. G.; GUIDOTTI, V.; MANHÃES, A. P. (2023). Using land inequality to inform restoration strategies for the Brazilian dry forest. **Landscape and Urban Planning**, 239, 104844. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104844>>.
- MORO, M. F.; AMORIM, V. O.; QUEIROZ, L. P.; COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. Biogeographical Districts of the Caatinga Dominion: A Proposal Based on Geomorphology and Endemism. **The Botanical Review**, v. 90, n. 4, p. 376–429, dez. 2024.
- PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. **Protocolo de Monitoramento para Programas e Projetos de Restauração Florestal**. 2013.
- REBOITA, M. S., RODRIGUES, M., ARMANDO, R. P., FREITAS, C., MARTINS, D., & MILLER, G. CAUSAS DA SEMI-ARIDEZ DO SERTÃO NORDESTINO. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 17 out. 2016.
- SÃO PAULO, Secretaria do Meio Ambiente, Resolução SMA N°32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, Poder executivo, São Paulo, SP, 04 abril 2014. Seção 1 p. 36-37.

SER - SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. 2004. The SER international primer on ecological restoration. Disponível em: <http://www.ser.org>.

SMA – SP. **Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica** / Helena Carrascosa von Glehn ... [et al.]; organização Thiago Hector Kanashiro Uehara, Flávio Bertin Gandara. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf>. ISSN 1981-6235.2011.

SILVA, J. M. C., LEAL, I. R., & TABARELLI, M. (Eds.). (2018). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer.

SOUSA, A. P.; VIEIRA, D. L. M. **Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal/** autores, Brasília: WWF, 2017. 32 p.

STANTURF, J.; MANSOURIAN, S.; KLEINE, M.; eds. Implementing Forest Landscape Restoration, A Practitioner's Guide. International Union of Forest Research Organizations, Special Programme for Development of Capacities (**IUFRO-SPDC**). Vienna, Austria. 128 p, 2017.





QUANDO COLETAR OS INDICADORES?

A coleta das informações deve ser realizada preferencialmente durante a estação chuvosa, especialmente para os indicadores que envolvem a identificação de espécies vegetais. Durante esse período, as árvores e arbustos apresentam folhas e estruturas reprodutivas mais visíveis, facilitando o reconhecimento botânico e a mensuração de atributos ecológicos (DRYFLOR, 2020).

Indicadores não diretamente ligados à vegetação, como aspectos socioeconômicos, podem ser obtidos durante a estação seca. Além de reduzir os riscos operacionais com chuvas, a estiagem costuma oferecer maior disponibilidade das comunidades para entrevistas, já que coincide com a entressafra agrícola. No entanto, é fundamental planejar a logística com antecedência, considerando condições de calor extremo e deslocamentos difíceis em certas regiões da Caatinga.

O CARÁTER MULTIDISCIPLINAR DO MONITORAMENTO

O protocolo combina indicadores ecológicos, físicos e sociais, exigindo abordagens e métodos complementares

TABELA 7: Relação das principais metodologias que podem ser utilizadas para coletar dados presentes no Protocolo de Monitoramento da Restauração da Caatinga, com sua descrição e possíveis indicadores que podem ser obtidos.

| METODOLOGIA | DESCRÍÇÃO | EXEMPLOS DE INDICADORES DO PROTOCOLO QUE PODEM SER MENSURADOS NO MÉTODO |
|--|---|--|
| Pontos de amostragens individuais | Realização de coletas direcionadas em pontos específicos para coleta de informações localizadas | <ul style="list-style-type: none">■ Coleta de solos de maneira simples ou composta |
| Parcelas | Instalação de locais com áreas fixas, denominadas parcelas, com dimensões de 20 m x 4 m, que serve para delimitação da área de coleta de diferentes indicadores | <ul style="list-style-type: none">■ Riqueza de espécies vegetais (ou morfotipos – separação das espécies por suas características)■ Densidade de indivíduos■ Sobrevida de indivíduos plantados |
| Método de interceptação de pontos linha | Estabelecimento de linha de 20 m (utilizando o mesmo traçado da instalação da parcela de 20 x 4m) para registro da interceptação da linha com a vegetação. Pode ser medido de duas formas: 1. Interceptação de pontos em linha: são estabelecidos pontos a cada metro por meio de uma vareta com 2m disposta perpendicularmente ao chão e anotando o tipo de cobertura que toca a vareta (vegetação arbórea, arbustiva, etc.); 2. Intervalos de interceptação na linha: é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem, também anotando as diferentes formas de vida e seus intervalos de interceptação na linha. | <ul style="list-style-type: none">■ Cobertura do solo por vegetação |
| | | |



| METODOLOGIA | Descrição | EXEMPLOS DE INDICADORES DO PROTOCOLO QUE PODEM SER MENSURADOS NO MÉTODO |
|------------------------------------|---|--|
| Análise qualitativa da área | Realização de inspeção visual na área em monitoramento para observação de fatores estruturantes que possam ser analisados de forma qualitativa e sem metodologias específicas de coleta de dados | <ul style="list-style-type: none"> ■ Registro de fatores de degradação (fogo, formigas, pastejo, poluição, etc.) ■ Compactação do solo ■ Processos erosivos |
| Grupo focal social | Discussão facilitada em grupo para monitorar indicadores que possam ser possíveis de serem medidos coletivamente e que não possuam restrições para compartilhamento em grupo | <ul style="list-style-type: none"> ■ Engajamento comunitário ■ Bem-estar da comunidade |
| Entrevistas/questionários | Aplicação de perguntas direcionadas para os(as) restauradores(as), elaboradas a partir de um roteiro prévio, para entender aspectos socioeconômicos de cada núcleo familiar/propriedade analisada | <ul style="list-style-type: none"> ■ Renda líquida ■ Segurança alimentar ■ Produção de itens alimentares e/ou não alimentares ■ Postos de trabalho criados |

MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO

Para áreas em restauração com plantio de mudas, recomenda-se o uso de parcelas de 20 m x 4 m. Em áreas com semeadura direta, as parcelas podem ser de 20 m x 1 m. A alocação deve ser aleatória e proporcional à área total restaurada (Sousa; Vieira, 2017) (Tabela 8).

A cobertura do solo por vegetação ou cobertura morta é mensurada com o método de interceptação de linha. Uma trena de 20 metros é posicionada no solo e registra-se o número de metros em que há contato com a copa de árvores ou vegetação rasteira. Por exemplo, se 15 metros estiverem cobertos, a cobertura é de:

$$(15 \div 20) \times 100 = 75\%$$

Esse valor deve ser registrado na planilha de monitoramento.

⁸ adaptado do protocolo do pacto pela Restauração da Mata Atlântica, considerando a menor densidade de indivíduos encontrada em florestas secas em comparação com florestas úmidas, além da experiência com os dados amostrados nas áreas de intervenção do Cepan. Adicionalmente, Londe et al. (2022) indicaram que é possível amostrar entre 0,24 e 4,6% do tamanho da área total sem prejuízos para os indicadores, com as 3 parcelas sugeridas estando dentro deste intervalo. Referência: Londe, V. et al. Estimating optimal sampling area for monitoring tropical forest restoration. Biological Conservation, v. 269, p. 109532, maio 2022. DOI: 10.1016/j.biocon.2022.109532.

⁹ Por exemplo, uma área que foi submetida à restauração em 20 hectares deverá ser monitorada com 24 parcelas de 20 m x 4 m (20 ha + 4 parcelas adicionais). Essa informação segue indicação da Resolução SMA N°32/2014



FOTO: GEF TERRESTRE - ASSOCIAÇÃO CAATINGA

TABELA 8: Indicação da disposição de parcelas em campo para executar o monitoramento da vegetação em processo de restauração da Caatinga.

| TAMANHO DA ÁREA | QUANTIDADE DE PARCELAS SUGERIDAS |
|--------------------------|---|
| Áreas menores que 0,5 ha | Monitoramento por meio de observação e avaliação qualitativa, observando os indicadores sugeridos no Protocolo. Caso haja disponibilidade, recomenda-se a contagem de todos os indivíduos inseridos no sistema, sobretudo em áreas menores (censo). |
| Áreas entre 0,5 e 1 ha | 3 parcelas (20 m x 4 m) ⁸ para amostragem com plantio de mudas; 5 parcelas de (20 m x 1 m) para amostragem com sementes |
| Áreas maiores que 1 ha | Nº de hectares da área de intervenção + 4 parcelas com limite de 50 parcelas por área ⁹ ; 5 parcelas de (20 m x 1 m) para amostragem com sementes |

MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE SOLO

A amostragem de solo envolve três etapas principais:

- **Seleção das áreas:** deve-se escolher áreas homogêneas em topografia, uso anterior e cobertura vegetal, evitando pontos anômalos como cupinzeiros ou áreas queimadas;
- **Coleta:** são recomendadas 20 amostras simples por gleba, coletadas em zigue-zague e combinadas para formar uma amostra composta representativa. A profundidade padrão é de 0 a 30 cm, onde ocorre maior atividade radicular e biológica;
- **Processamento:** as amostras devem ser des torroadas, homogeneizadas e secas à sombra. Após peneiradas (malha de 2 mm), devem ser armazenadas em recipientes limpos e identificados.

A coleta deve ser feita anualmente no período seco, quando há menor variação nos atributos químicos e físicos do solo.

MÉTODOS DE COLETA DE DADOS SOCIAIS

A escolha do método depende da escala do projeto:

- **Para projetos com muitos beneficiários,** grupos focais são mais viáveis. Eles permitem levantar dados como: percepção sobre benefícios comunitários, engajamento, conflitos e melhorias no bem-estar;
- **Para informações familiares ou sensíveis** (ex.: renda líquida, segurança alimentar), recomenda-se aplicar entrevistas individuais ou questionários estruturados com base em roteiros validados.

Todos os dados devem ser coletados com respeito à cultura local e com consentimento dos participantes.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS SOBRE MÉTODOS QUALITATIVOS DE AMOSTRAGEM RÁPIDA

Alguns indicadores importantes para o monitoramento da restauração da Caatinga não requerem medições instrumentais ou análises laboratoriais, podendo ser coletados por inspeção visual direta durante o trabalho de campo. Esses indicadores qualitativos estão relacionados, sobretudo, aos fatores de degradação ou às condições físicas do solo, e incluem:

- **Resistência mecânica do solo** à penetração (indicação de compactação);
- **Presença de processos erosivos** (como ravinadas e sulcos superficiais);
- **Sinais de fogo** recente ou recorrente;
- **Atividade de animais pastejantes** (bovinos, caprinos, ovinos);
- **Presença** de formigas cortadeiras e espécies exóticas invasoras.

A observação desses indicadores deve ser feita de maneira cuidadosa, sistemática e padronizada, garantindo que a equipe percorra toda a área em processo de restauração com atenção aos padrões visuais e ambientais.

Para minimizar erros de subestimação ou superestimação, é fundamental que os técnicos sigam um roteiro de avaliação pré-definido, evitando julgamentos subjetivos ou inconsistentes.

Além da observação direta, recomenda-se consultar moradores locais ou pessoas que circulam regularmente pela área, como agricultores, extrativistas ou guardas ambientais, para obter informações complementares sobre a persistência ou recorrência dos fatores de degradação. Essa prática pode ajudar a identificar problemas que não são visíveis no momento da visita, como ocorrência sazonal de fogo ou pressão de animais soltos em determinados períodos do ano.

Esse tipo de amostragem rápida é particularmente útil em áreas extensas ou de difícil acesso, e pode servir como base para acionar medidas de manejo adaptativo, como cercamento emergencial, controle de espécies invasoras ou replantio seletivo em áreas críticas.

CONTRIBUIÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL PARA AS DISCUSSÕES QUE SUBSIDIARAM ESTE DOCUMENTO

Este documento foi produzido com a revisão acurada do Comitê Técnico Científico de Avaliação da Rede para Restauração da Caatinga, representado por Ana Claudia Destefani (Associação Murundu), Raphaela Aguiar de Castro (NEMA/Univasf), Sheila Patrícia Santos Feitosa (IDESBrasil) e Tatiane Gomes Calaça Menezes (Instituto Florestar). Além disso, é importante destacar o trabalho dos especialistas que participaram de oficinas de discussão técnica e validação de parte das informações presentes. Este grupo foi composto de representantes das seguintes instituições, em ordem alfabética:

- Associação Plantas do Nordeste (APNE);
- Centro Dom José Brandão de Castro (CDJBC);
- Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) - Universidade Federal do Vale do São Francisco;
- Universidade Federal da Paraíba (UFPB);
- Universidade Federal de Sergipe;
- Universidade Federal do Ceará;
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

FOTO: NEMA/UNIVASF





ISBN: 978-65-87648-05-7
9 786587 648057

REALIZAÇÃO:



VALIDAÇÃO TÉCNICA:



Rede para restauração da
CAATINGA

APOIO FINANCIERO:

