

## Indicadores Ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 327**

# **Indicadores Ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica**

*Pedro Augusto Fonseca Lima  
Bárbara Silva Pachêco  
Simone Rodrigues de Sousa  
Alcides Gatto  
Fabiana de Gois Aquino  
Lidiamar Barbosa Albuquerque*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link:  
[http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2015/doc/doc\\_327.shtml](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2015/doc/doc_327.shtml)

### **Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza  
Caixa Postal 08223, CEP 73310-970 Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898, Fax: (61) 3388-9879  
[www.embrapa.br/cerrados](http://www.embrapa.br/cerrados)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Claudio Takao Karia*  
Secretária executiva: *Marina de Fátima Vilela*  
Secretárias: *Maria Edilva Nogueira*  
*Alessandra Silva Gelape Faleiro*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*  
Equipe de revisão: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*  
Normalização bibliográfica: *Rejane Maria de Oliveira*  
Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*  
Capa: *Wellington Cavalcanti*  
Foto(s) da capa: *Aline Sousa*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*  
*Alexandre Moreira Veloso*

### **1ª edição**

1ª impressão (2015): 100 exemplares  
Edição online (2015)

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Cerrados**

---

139 Indicadores ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica / Pedro Augusto Fonseca Lima... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2015.

46 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 327).

1. Meio ambiente. 2. Biodiversidade. I. Pachêco, Bárbara Silva. II. Sousa, Simone Rodrigues de. III. Gatto, Alcides. IV. Aquino, Fabiana de Gois. V. Albuquerque, Lidiamar Barbosa. VI. Série. VII. Embrapa Cerrados.

---

577.5 – CDD 21

© Embrapa 2015

# **Autores**

## **Pedro Augusto Fonseca Lima**

Engenheiro Florestal, mestre em Ciências Florestais, bolsista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Bárbara Silva Pachêco**

Bióloga, mestre em Ciências Biológicas, bolsista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Simone Rodrigues de Sousa**

Engenheira Ambiental, mestre em Ciências Florestais, bolsista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Alcides Gatto**

Engenheiro Florestal, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), professor da Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF

## **Fabiana de Gois Aquino**

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## **Lidiamar Barbosa Albuquerque**

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

# Agradecimentos

Ao CNPq, edital nº 26/2010, pelo financiamento do projeto AquaRiparia, fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade de Brasília e à Embrapa Cerrados pelo apoio logístico.

# Apresentação

O processo de restauração ecológica de ecossistemas degradados tem exigido, cada vez mais, o planejamento prévio, utilizando conceitos e informações que aliem baixo custo e alto retorno social e ambiental. A falta de conhecimentos levava a aplicação de técnicas incipientes, tanto no momento do plantio quanto no monitoramento, não havendo a possibilidade de se fazer o manejo adaptativo por meio de uma avaliação do plantio com critérios concretos. Para o monitoramento do processo de restauração, sobretudo os aspectos ambientais, têm sido usados indicadores ecológicos que permitem uma efetiva comparação entre projetos, bem como possibilitam a definição de novas estratégias de ação em função da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos. Ou seja, o uso de indicadores ecológicos possibilita avaliar os métodos de restauração ecológica empregadas para fornecer maior grau de segurança na recomendação técnica. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi fornecer informações, com base em literatura e na experiência da equipe técnica, sobre indicadores ecológicos de restauração, abordando conceitos, ferramentas e a eficiência do seu uso no processo de monitoramento da restauração ecológica.

*José Roberto Rodrigues Peres*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

# Sumário

Contextualização.....	11
Indicadores Ecológicos: conceitos e importância na restauração .....	16
Seleção e Aplicabilidade de Indicadores Ecológicos para a Restauração Ecológica .....	17
Considerações Finais .....	38
Referências .....	38
Abstract .....	46

# Indicadores Ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica

---

*Pedro Augusto Fonseca Lima*

*Bárbara Silva Pachêco*

*Simone Rodrigues de Sousa*

*Alcides Gatto*

*Fabiana de Gois Aquino*

*Lidiamar Barbosa Albuquerque*

## Contextualização

Atualmente, o Brasil possui cerca de 43 milhões de hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP) e 42 milhões de hectares de Reserva Legal a serem recompostos (ARAÚJO, 2014). Para a recomposição de uma área degradada é necessário, primeiramente, saber os objetivos para recuperação, reabilitação ou restauração.

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000), a *recuperação* se refere à “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”, enquanto *restauração* corresponde à “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”. Para a Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (SER), a restauração ecológica significa “uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema em relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade” (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004). Na *reabilitação* é dada ênfase à recuperação de processos e funções do ecossistema, para aumentar o fluxo de serviços e benefícios às pessoas, mas sem que haja uma intenção explícita em se restabelecer a composição e estrutura originais

do ecossistema (CLEWELL, 2009; SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004).

A degradação dos ecossistemas e dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas áreas naturais compromete o funcionamento dos próprios ecossistemas e agrossistemas associados, bem como a qualidade de vida humana. A restauração ecológica é uma ação que pode ser conduzida para recompor comunidades ecologicamente viáveis, além de tentar resgatar uma relação mais sustentável entre o homem e a natureza (ENGEL; PARROTA, 2003). A restauração ecológica visa iniciar ou acelerar a recuperação de um ecossistema em relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade. Para que os objetivos dos projetos de restauração ecológica sejam plenamente alcançados, é importante monitorar a evolução dos fatores bióticos e abióticos ao longo do tempo. Assim, é recomendado o uso de indicadores do processo de restauração.

No planejamento da restauração, metas devem ser incluídas, em longo prazo, baseadas na recriação de um ecossistema autossustentável, estável e resiliente (ENGEL; PARROTA, 2003), com o objetivo de aumentar a sucessão natural, possibilitando o restabelecimento da biodiversidade, com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais (REIS et al., 2007). Essa resiliência é definida como a capacidade de um ecossistema de retornar ao seu estado original após um distúrbio (ENGEL; PARROTA, 2003; RESTAURAÇÃO..., 2011). Caso ele não se recupere sozinho, diz-se que está degradado e necessita da intervenção positiva do homem (CORRÊA, 2005).

Antes da década de 1990, as metodologias de recomposição de áreas degradadas eram incipientes devido ao reduzido conhecimento do comportamento biológico das espécies nativas, à forma de utilizá-las em plantios heterogêneos para recuperação de áreas degradadas e a inexistência de resultados que permitissem avaliar a eficiência dos projetos (BARBOSA, 2006). Para suprir a carência de informações, foi redigido, em 2009, o *Pacto da Mata Atlântica*, em conjunto com instituições de vários estados brasileiros entre empresas,

universidades, organizações não governamentais, governos federal, estaduais e municipais, proprietários rurais, comunidades tradicionais e cooperativas. Esse documento apresentou a integração de conceitos e informações para sustentar as ações de restauração da Mata Atlântica, visando à conservação da biodiversidade, à geração de renda de trabalho e à manutenção de serviços ecossistêmicos (RODRIGUES et al., 2009). O *Pacto da Mata Atlântica* traz as principais iniciativas de restauração ecológica, bem como a evolução dos conceitos e dos métodos aplicados.

De acordo com o *Pacto da Mata Atlântica*, as ações de restauração no Brasil passaram por várias fases, como reflexo do processo histórico de ocupação do território brasileiro e do passivo ambiental gerado pela falta de planejamento territorial. As diversas fases permitiram acumular conhecimento desde o planejamento de plantios em campo até o estabelecimento de protocolos e ferramentas (indicadores) capazes de avaliar a restauração (RODRIGUES et al., 2009). Assim, existem algumas fases que demonstram a evolução dos conhecimentos adquiridos em projetos de restauração, chegando aos dias atuais (RODRIGUES et al., 2009):

- Primeira fase (década de 1980): falta de conhecimento técnico-científico sobre o assunto e técnicas pautadas no plantio de árvores de espécies nativas e exóticas de crescimento rápido. Os métodos de restauração eram incipientes, pois representavam apenas o plantio aleatório de árvores e a sistematização de estratégias de restauração era controvertida. O objetivo principal era a revegetação para conter processos erosivos, proteção de recursos hídricos e estéticos. A partir da experiência, houve a percepção de que o uso de espécies exóticas trouxe problemas de desequilíbrio ecológico. Dessa forma, foi incentivado o plantio de árvores nativas, seguindo conceitos de sucessão florestal (espécies pioneiras, clímax inicial e clímax tardia), sem a preocupação com a diversidade de espécies e de formas de vida. Além disso, os custos de restauração eram elevados.

- Segunda fase (décadas de 1990 a 2000): teve como meta criar modelos de projetos de restauração florestal que resultassem, num curto período de tempo, em florestas consolidadas, com elevada diversidade e com suas interações e funções ecológicas reestabelecidas por meio da reprodução da composição florística e da estrutura da vegetação de remanescentes florestais bem conservados (áreas de referência).
- Terceira fase (2000 a atual): no início da década predominavam ações que visavam restabelecer a forma e a função da vegetação. Com base nestas pesquisas, percebeu-se a necessidade de incorporar uma visão mais abrangente, com a inserção dos conceitos de restauração ecológica associados ao restabelecimento dos processos ecológicos, aos conceitos de ecologia de paisagem (fragmentação, permeabilidade, conectividade e etc.) (METZGER, 2000), bem como aos aspectos econômicos e sociais (NAIR; RUTT, 2009). Atualmente, a seleção de espécies para a restauração ecológica é apoiada no conhecimento sobre grupos funcionais, potencial facilitador e nucleador e diversidade genética. Além disso, a restauração tem sido planejada para manter a sustentabilidade econômica do ecossistema em processo de recuperação.

A continuidade dos estudos sobre restauração ecológica nos trópicos e o monitoramento das áreas restauradas têm demonstrado que alguns avanços ainda são necessários na recuperação de integridade ecológica (BARBOSA, 2006). Sobretudo, quanto às questões de diversidade genética na restauração da rede de interações, dos grupos funcionais, dos ciclos biogeoquímicos e até da sustentabilidade econômica dessas iniciativas de restauração (RODRIGUES et al., 2009). Atualmente, há grande lacuna referente ao estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento capazes de verificar a qualidade dos projetos de restauração ecológica, bem como indicar a capacidade de resiliência em

áreas implantadas (BARBOSA, 2000; LIMA, 2014; PACHÊCO, 2014; RODRIGUES et al., 2009; RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

As lacunas de parâmetros de avaliação são diferentes para cada bioma. Na Mata Atlântica é onde se encontra maior número de informação relacionando a restauração e as ferramentas de monitoramento. Na Amazônia, também há grande número de informações descritas, por exemplo, no Manual de Restauração Florestal. Este documento aborda os principais procedimentos para a restauração florestal na Amazônia (MANUAL..., 2013). No Cerrado, ainda são necessárias informações consolidadas, evidenciando a necessidade da continuidade dos estudos aplicados à restauração ecológica e monitoramento de áreas restauradas, que são fundamentais na recuperação da integridade ecológica (BARBOSA, 2006).

A partir do monitoramento e da avaliação dos indicadores, em diferentes períodos de tempo, pode-se confirmar o reestabelecimento dos processos ecológicos nas áreas restauradas o que auxilia no planejamento ambiental e na definição das futuras estratégias de ação (RODRIGUES et al., 2009). Entretanto, ainda há muitas lacunas de conhecimento acerca do desenvolvimento e da sustentabilidade dos plantios para a restauração florestal. Com a ausência da prática de monitoramento sistemático dessas áreas restauradas, perde-se a oportunidade única de aumentar o conhecimento sobre os inúmeros processos e fatores envolvidos na recolonização e restabelecimento de comunidades vegetais e animais (SIQUEIRA; MESQUITA, 2007). Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi fornecer informações, com base em literatura e na experiência da equipe técnica do Projeto AquaRiparia<sup>1</sup>, sobre indicadores ecológicos de restauração, abordando conceitos, ferramentas e a eficiência do seu uso no processo de monitoramento da restauração ecológica.

---

<sup>1</sup> Projeto AquaRiparia: Restauração ecológica de ambientes ripários sob influência de atividades agrícolas e urbanas em mananciais de três bacias hidrográficas (CNPq).

## Indicadores Ecológicos: conceitos e importância na restauração

A escolha da técnica de restauração mais adequada requer a identificação correta e precisa de conceitos relacionados à dinâmica do ecossistema degradado (MORAES et al., 2013). Um ecossistema é considerado restaurado quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004). Para inferência da evolução dos recursos bióticos e abióticos durante o processo de restauração ecológica devem ser utilizadas ferramentas de avaliação, como os indicadores (RODRIGUES et al., 2009). Para que um indicador seja efetivo requer, entre outros aspectos, apresentar forte relação com os objetivos do projeto de restauração ecológica (MANOLIADIS, 2002) e transmitir ganhos ambientais em áreas em processo de restauração (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998).

Os indicadores ecológicos são muito utilizados para a avaliação de condições ambientais, representando uma análise científica, com a categorização numérica ou descritiva de dados ambientais. São frequentemente baseados em informações parciais que refletem o status de extensos ecossistemas (MANOLIADIS, 2002; VAN STRAALLEN, 1998). Para Rodrigues e Gandolfi (2001), os indicadores conseguem avaliar não só a recuperação visual da paisagem de uma área degradada, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal.

Os indicadores de restauração ecológica podem identificar o modo como as metas estabelecidas para o processo de restauração relacionam-se com as mudanças sucessionais da área (HOBBS; HARRIS, 2001). Ou seja, os indicadores de restauração levam à percepção do sucesso ou não das metas estabelecidas no projeto ou à viabilidade das metodologias aplicadas. Por meio do monitoramento, é possível identificar e corrigir as falhas de planejamento e execução do projeto em vista a se obter resultados satisfatórios.

## **Seleção e Aplicabilidade de Indicadores Ecológicos para a Restauração Ecológica**

Bons indicadores devem ser variáveis distinguíveis, fáceis de medir e de interpretar e que representem o que se quer avaliar, de modo que mostrem claramente a situação em cada momento, evitando confusões no seu desenvolvimento (MONITORAMENTO..., 2011). Para isso, é preciso selecionar indicadores capazes de caracterizar, distinguir e avaliar processos que estejam ocorrendo nos projetos de restauração ecológica. Esses indicadores devem levar em consideração o reestabelecimento de estruturas e funções dos ecossistemas degradados (BLOCK et al., 2001). Tendo em vista que os sistemas ecológicos são dinâmicos em seus aspectos espaciais e temporais, as características desses sistemas devem ser avaliadas sob a mesma perspectiva (PARKER, 1997).

Inúmeras variáveis podem ser utilizadas como indicadores, desde que possam efetivamente avaliar a funcionalidade da área e fornecer informações com exatidão e a custos aceitáveis (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

O uso de indicadores previamente definidos e estabelecidos permite efetiva comparação entre projetos e maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001). Portanto, há a necessidade de um planejamento visando à seleção dos melhores indicadores ecológicos que agreguem informações sobre os ganhos ambientais nos projetos de restauração.

Porém, uma das grandes dificuldades da prática de monitoramento sistemático refere-se à falta de consenso na literatura científica em relação aos indicadores mais adequados para a avaliação dos projetos de restauração (MONITORAMENTO..., 2009; RODRIGUES et al., 2009). Ainda assim, mesmo com essas dificuldades, as informações que

se utilizam para monitoramentos sistemáticos são referentes à Mata Atlântica.

A seleção dos indicadores ecológicos do processo de restauração varia muito entre projetos, dependendo da extensão, da duração, da finalidade, das perturbações passadas, das condições culturais que têm transformado a paisagem e das oportunidades, dos objetivos e das limitações atuais (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004). A escolha das variáveis que possam funcionar como indicadores ecológicos pode estar baseada na comparação entre sítios em que houve distúrbios e outros, mais bem conservados, que funcionam como referências para estudos comparativos (GROFFMAN et al., 2001). Esses indicadores avaliam a eficiência de projetos de restauração ecológica, aumentando a chance de sucesso, tanto na elaboração quanto na execução deste (RODRIGUES et al., 2009).

Dentro desse contexto, há algumas características que devem ser consideradas para a seleção de indicadores ecológicos (ANDREASEN et al., 2001; DALE; BEYELER, 2001; FIGUEIREDO, 2011; HOBBS; HARRIS, 2001; MANOLIADIS, 2002; METZGER, 2002; SIQUEIRA; MESQUITA, 2007; STATE ENVIRONMENTAL GOALS AND INDICATORS PROJECT, 1995; VAN STRAALLEN, 1998), tais como:

- Estar de acordo com os objetivos do projeto de restauração e com os problemas ambientais abordados.
- Ser de fácil mensuração.
- Ser prático e realista, levando em consideração o seu custo de coleta.
- Possuir capacidade de detectar alterações no ambiente.
- Ser de alta qualidade e confiabilidade.
- Ser claramente definido, a fim de evitar problemas no seu desenvolvimento ou interpretação.
- Apresentar valores claros.
- Ser usado nas escalas espacial e temporal.

- Permitir a formulação de referências para outras áreas.
- Ser parte de um pequeno conjunto, visando a uma abordagem eficiente, dentro de um grande contexto de paisagem.
- Avaliar a eficiência de medidas tomadas para melhorar a qualidade ambiental.
- Monitorar diferentes níveis de cadeias tróficas.
- Relacionar metas estabelecidas no projeto de restauração com os processos sucessionais naturais.
- Transmitir ganhos ambientais dos projetos de restauração.
- Avaliar diversas técnicas de restauração ecológica.
- Auxiliar no processo de planejamento ambiental, manejo e tomada de decisões.
- Ter respostas a impactos naturais de baixa variabilidade, quando da ocorrência de impactos naturais ou mesmo antrópicos.

Experiências práticas sobre indicadores ecológicos foram principalmente testadas para Mata Atlântica, com destaque para as seguintes publicações:

- Diversos artigos científicos (FERRAZ et al., 2009; MORAES et al., 2011; PADOVEZI et al., 2014; POGGIANI et al., 1998; RODRIGUES et al., 2009; SCHIEVENIN et al., 2012).
- Manual de recuperação de áreas degradadas – matas ciliares do interior de São Paulo (BARBOSA, 2006).
- Cartilha de monitoramento da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (FIGUEIREDO, 2011).
- Pacto da Mata Atlântica (PACTO..., 2015) e seus referenciais teóricos (RODRIGUES et al., 2009, 2010).

No Cerrado, alguns estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar o arcabouço sobre restauração e indicadores ecológicos para o bioma (ALBUQUERQUE et al., 2010, 2011; AQUINO et al., 2008;

2009; BARREIRA et al., 2000; BECHARA, 2006; FELFILI et al., 2000; RIBEIRO; WALTER, 2001; SANO et al., 2008), sendo a mesma iniciativa mantida em outros biomas, como no pantanal (MORAES et al., 2011) e na Amazônia (NUNES, 2011).

Embora não se tenha um protocolo de indicadores para o Cerrado, vários autores trabalham com indicadores ecológicos, como por exemplo, chuva de sementes (Figura 1) e desenvolvimento das mudas (ANTEZANA, 2008; BORDINI, 2007; CORTES, 2012; FREITAS, 2012; LIMA, 2014; MUNDIM, 2004; OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2005; PACHÊCO, 2014; RESENDE; PINTO, 2013; ROCHA, 2013; SILVA, 2007). Todavia, dada à diversidade de situações e ambientes que deverão ser recuperados, parece pouco provável o estabelecimento de critérios ou indicadores de uso universal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).



Foto: Simone Rodrigues de Sousa

**Figura 1.** Coleta do indicador chuva de sementes em mata ripária, Distrito Federal, Brasil.

Em síntese, a escolha desse conjunto de ferramentas representa parâmetros importantes e indica a qualidade da área em restauração, independente do bioma ou da técnica ou estratégia a ser utilizada para a recuperação. Nesse contexto, os indicadores de restauração devem possuir a capacidade de detectar alterações no ambiente, ser

compreendidos e interpretados, sinalizando tendências e alterações no ambiente por meio de valores claros (FIGUEIREDO, 2011; RODRIGUES et al., 2009).

Com o avanço dos estudos de indicadores ecológicos, será possível o estabelecimento de normas para a utilização e a viabilidade de aplicação. Alguns indicadores são mais práticos de aplicação no campo enquanto outros são mais difíceis, necessitando maior dispêndio e rigor no uso (SIQUEIRA; MESQUITA, 2007).

A grande dificuldade do monitoramento sistemático refere-se à falta do consenso na literatura científica em relação à divisão de indicadores técnicos e científicos. Os indicadores técnicos são aqueles passíveis de serem aplicados por um técnico da Secretaria do Meio Ambiente (Tabela 1) (FIGUEIREDO, 2011). Esses indicadores foram selecionados por representarem os parâmetros ecológicos mais importantes e indicar a qualidade da área em restauração, independentemente da técnica (ou estratégia) utilizada para a recuperação.

**Tabela 1.** Indicadores técnicos de restauração para monitoramento de ecossistemas florestais em recuperação, comumente utilizados para monitoramento de projetos de restauração da Mata Atlântica de acordo com FIGUEIREDO (2011).

Indicador de restauração	Forma de avaliação
Cobertura de solo	Deve-se estabelecer linhas em que será avaliada a cobertura do solo por espécies lenhosas nativas ou a ausência de cobertura. Ela pode ser mensurada em uma linha transversal
Estratificação	Avaliação visual dos estratos da vegetação presentes. Identifica-se a presença de dois estratos pela descontinuidade na distribuição vertical das copas e apenas um estrato quando as plantas apresentam altura das copas aproximadamente uniforme
Fitofisionomia	Aparência da comunidade, que expressa o arranjo das espécies, o número de indivíduos e padrões de distribuição que apresentam suas formas de vida, etapas do ciclo de vida, fenofases, arquitetura de copas etc
Presença de espécies lenhosas invasoras como indicador de função ecológica	Verificação das espécies invasoras presentes por meio de amostragem, sendo necessária a lista oficial de espécies invasoras

Os indicadores científicos são aqueles utilizados em projetos de pesquisa, nos quais se necessita monitorar os parâmetros ecológicos com o propósito de se avaliar o grau de retorno dos processos ecológicos nos experimentos de restauração.

Dessa forma, destacam-se alguns indicadores que podem ser utilizados como ferramentas na restauração para avaliar, principalmente, projetos de pesquisa:

- Banco e chuva de sementes (TRES, 2006).
- Mortalidade das mudas (FIGUEIREDO, 2011; MONITORAMENTO..., 2011; RODRIGUES et al., 2009).
- Riqueza e (ou) diversidade de espécies (MONITORAMENTO..., 2011).
- Avaliação de parâmetros quanto à altura e ao diâmetro dos indivíduos plantados (MONITORAMENTO..., 2011; RODRIGUES et al., 2009) (Figura 2).
- Retorno da fauna nativa (RODRIGUES et al., 2009).
- Densidade de indivíduos de menor porte (RODRIGUES et al., 2010).
- Densidade de indivíduos de maior porte (RODRIGUES et al., 2010).
- Altura da vegetação para a avaliação da estrutura da vegetação (RODRIGUES et al., 2010).
- Número de espécies vegetais por projeto de restauração (RODRIGUES et al., 2010).
- Número total de espécies e morfoespécies regionais e não regionais, para descrição quantitativa e qualitativa das espécies que compõem a comunidade vegetal em restauração (RODRIGUES et al., 2010).



Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa

**Figura 2.** Monitoramento de plantio de mudas em área sob processo de restauração: avaliação dos parâmetros altura e diâmetro. Distrito Federal, Brasil.

- Presença e frequência de espécies invasoras (MONITORAMENTO..., 2011; RODRIGUES et al., 2009, 2010).
- Regeneração natural (DURIGAN, 1990, 1998; MODNA et al., 2010).
- Características dos microrganismos, juntamente com as propriedades físicas e químicas do solo (BENTHAM et al., 1992).
- Estrutura da comunidade de invertebrados (JANSEN, 1997).
- Comunidade de fauna edáfica (CORREIA, 2002; ZOU; GONZALEZ, 1997) (Figura 3).
- Avaliação de solo-substrato (RODRIGUES et al., 2009).



**Figura 3.** Coleta para amostragem de macrofauna do solo como indicador de restauração de área degradada, Distrito Federal, Brasil.

Destaca-se que o retorno da fauna nativa é de extrema importância, mas de difícil avaliação, pois depende mais de atributos da paisagem do que das ações de restauração em si (RODRIGUES et al., 2009). Além disso, há atributos da vegetação, como tipo de fitofisionomia, intensidade e duração da floração, que se relacionam com a abundância e diversidade de alguns grupos da fauna (ALBUQUERQUE et al., 2010, 2011, 2013; RODRIGUES et al., 2009; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

Os indicadores de avaliação e monitoramento de formações naturais são, na maioria, referentes às características da comunidade, como a riqueza, a diversidade e a equabilidade vegetal, a fisionomia vegetal e as características estruturais dos estratos ou grupos ecológicos (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998). Da mesma forma, utilizam-se indicadores para avaliar o grau de conservação de um determinado ecossistema e (ou) de alterações causadas pela mudança do uso do solo, tais como: composição, diversidade e estrutura de espécies. Esses podem também ser um forte indicador do processo de restauração ecológica (COUSINS; LINDBORG, 2004; GRAY; AZUMA, 2005; MILLER; WARDROP, 2006).

Dessa forma, os indicadores ecológicos podem representar inúmeros parâmetros para serem utilizados no monitoramento de projetos de restauração:

- Na região Norte do País, no estado do Pará, Nunes (2011) utilizou estimativas de biomassa e carbono para restauração de florestas secundárias como indicadores ecológicos. Porém, esses parâmetros não se enquadram no critério de fácil mensuração proposto por Andreasen et al. (2001) e Dale e Beyeler (2001).
- Na região Sudeste do País, Araujo (2002), Miranda Neto (2011) e Soares (2009) utilizaram o banco e chuva de sementes como indicador ecológico de restauração na Mata Atlântica. Esses indicadores têm alta sensibilidade e são importantes para mostrarem a evolução do processo de restauração ecológica na área, evidenciando o tempo zero de implantação e o aumento gradual de sementes de espécies nativas ao longo do tempo (PACHÊCO, 2014). Ignácio et al. (2007) realizaram o monitoramento de plantios de restauração de matas ciliares com base na mortalidade de mudas e Souza et al. (2006) utilizou banco de sementes contido na serapilheira.
- Na região Sul do País, Bechara (2006) utilizou o monitoramento da sobrevivência/crescimento de mudas e da semeadura direta de espécies nucleadoras, poleiros artificiais, tipo “torre de cipó”, anelamento de Pinus e “cabo aéreo”, enleiramento de galharia residual, cobertura com gramínea anual e transposição de solo.
- No Centro-Oeste, Oliveira (2006) testou o plantio de mudas nativas do Bioma Cerrado juntamente com o uso de poleiros artificiais (Figura 4), tendo como indicador o desenvolvimento e a mortalidade das mudas. Outros autores no Cerrado também avaliaram o desenvolvimento/crescimento de mudas: Antezana (2008), Bordini (2007), Cortes (2012), Freitas (2012), Lima (2014), Mundim (2004), Oliveira (2006), Oliveira e Ribeiro (2005), Resende e Pinto (2013), Rocha (2013) e Silva (2007). Bordini (2007) realizou monitoramento da regeneração natural em área de pastagem do Cerrado como indicador da eficiência ecológica.



Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa

**Figura 4.** Poleiros artificiais de eucalipto com coletores de chuva de sementes para se estimar a entrada de diásporos na área em processo de restauração, Distrito Federal, Brasil.

Dentro desse contexto, é fundamental a compreensão de que não há um recurso pré-estabelecido para todos os biomas ou condições de restauração. Cada área degradada possui seu histórico de degradação, estando sujeito a um conjunto de peculiaridades ecossistêmicas, sendo muitas vezes necessário uma técnica específica e indicadores específicos, aplicada a cada condição ambiental.

## **Monitoramento de Indicadores de Restauração Ecológica**

O monitoramento da área em restauração pode ser definido como o acompanhamento temporal dos parâmetros estabelecidos para avaliação da evolução da restauração ecológica, isto é, verificação de quando a área atingirá o estado esperado e pré-definido no projeto (GANDOLFI,

2006). Assim, a avaliação e o monitoramento da vegetação implantada são fundamentais para aprimorar as técnicas de restauração (SOUZA; BATISTA, 2004). No monitoramento da restauração, há dois horizontes temporais importantes: o acompanhamento dos parâmetros estabelecidos para avaliação do projeto e o acompanhamento em longo prazo do processo ecológico da restauração em determinada área (MONITORAMENTO..., 2011). Também é importante avaliar com o monitoramento (Figura 5) se as técnicas utilizadas no projeto estão contribuindo ou não para a melhoria da restauração em determinadas áreas.



Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa

**Figura 5.** Monitoramento de mudas em área em processo de restauração, Distrito Federal, Brasil.

Os parâmetros a serem monitorados para a avaliação do sucesso do projeto de restauração são uma das maiores questões levantadas por Barbosa (2006). Para Gandolfi (2006), as bases para a discussão devem ser a formação vegetal original, a visão atual sobre o processo de sucessão ecológica e a regeneração vegetal de cada bioma considerado ou ainda de áreas restauradas da mesma fitofisionomia.

Os indicadores de monitoramento de processos de restauração podem se subdividir em três grupos na Mata Atlântica: fase de implantação (1 a 12 meses); fase de pós-implantação (12 a 36 meses); fase de vegetação restaurada (48 meses ou mais), (RODRIGUES et al., 2009) (Tabela 2).

A primeira etapa das ações de restauração (Tabela 2) corresponde ao estágio inicial de desenvolvimento da regeneração natural e/ou das mudas, no caso de plantios, sugerindo-se um total de seis avaliações nessa etapa, sendo as três primeiras mensais, já que essa fase exige rápida tomada de decisão; e as demais, trimestrais (RODRIGUES et al., 2009).

Na segunda fase sugere-se que as avaliações sejam semestrais, representando duas avaliações por ano e seis avaliações no total. Nessa fase a avaliação da disponibilidade de recursos utilizados pela fauna é de extrema importância, uma vez que a disponibilidade de recursos para a fauna que interage com a vegetação pode ser a chave do sucesso na restauração desses ambientes (RODRIGUES et al., 2009).

Para a avaliação da regeneração natural nas áreas em processo de restauração sugere-se que as avaliações sejam anuais, sendo os indivíduos identificados, medidos (altura e diâmetro) e classificados em grupos sucessionais, síndromes de dispersão, etc (MONITORAMENTO..., 2011; RODRIGUES et al., 2009). A diversidade da regeneração natural dentro das áreas em processos de restauração certamente é um dos descritores mais eficientes da avaliação do sucesso de iniciativas de restauração (Figura 6), além de um excelente indicador das ações de manejo necessárias para garantir a sustentabilidade das áreas restauradas (RODRIGUES et al., 2009). No Cerrado esta avaliação deve ser realizada a partir da estimativa da cobertura de dos indivíduos regenerantes, nos três primeiros anos pós-implantação do projeto de restauração, e nos anos subsequentes recomenda-se avaliar também a riqueza de espécies dos regenerantes.

**Tabela 2.** Indicadores de restauração ecológica em cada fase de implantação, pós-implantação e vegetação restaurada, sugeridos por Rodrigues et al. (2009).

<b>Fase</b>	<b>Indicador</b>	<b>Forma de avaliação</b>
Fase de implantação (1 a 12 meses)	Solo-substrato	Ocorrência de processos erosivos e de conservação
	Cobertura vegetal	Avaliação de toda cobertura vegetal
	Cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas	Identificação da espécie predominante
		Avaliação da porcentagem de cobertura utilizando-se para isso subparcelas de amostragem podendo ser estimados visualmente
		Altura média da cobertura de gramíneas
	Profundidade da cova	Medir profundidade da cova
	Avaliação dos indivíduos plantados e dos regenerantes naturais	Altura e cobertura dos indivíduos – 6 e 12 meses após ações de restauração
		Identificação taxonômica
		Classificação das espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão
Taxa de sobrevivência no plantio	Taxa de sobrevivência no plantio	
Ataque de formigas cortadeiras	Ataque de formigas cortadeiras	
Densidade de indivíduos plantados e presença de regenerantes	Densidade de indivíduos plantados e presença de regenerantes	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Fase	Indicador	Forma de avaliação
Fase de pós-implantação (12 a 36 meses)	Avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas em condução da regeneração natural (avaliações semestrais)	Identificação taxonômica
		Altura do indivíduo e cobertura da copa
		Classificação das espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão
		Fenologia – floração e frutificação
		Taxa de sobrevivência no plantio
		Ataque de formigas predadoras (cortadeiras)
		Densidade de indivíduos plantados e regenerantes
	Riqueza de espécies (número de espécies por área)	
	Regeneração natural (avaliações anuais)	Identificação taxonômica de todos os indivíduos regenerantes, incluindo os não arbustivos ou arbóreos
		Altura dos indivíduos regenerantes
Densidade dos indivíduos regenerantes		
Classificação das espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão		
Cobertura de gramíneas	Distribuição da vegetação	
	Avaliação dos processos de dispersão: regeneração alóctone (regenerantes vindos de espécies do entorno, não presentes no plantio) ou autóctone (regenerantes de espécies presentes no plantio e possivelmente dos indivíduos plantados)	
	Riqueza de espécies (número de espécies na área)	
	Cobertura de gramíneas	Avaliação da cobertura de gramíneas

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Fase	Indicador	Forma de avaliação
Fase vegetação restaurada (depois de quatro anos)	Continuidade da avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas com condução da regeneração	Avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas com condução da regeneração, conforme descrito na fase de pós-implantação (1 a 3 anos)
	Aspectos fisionômicos da vegetação restaurada – estratificação	<p>Presença ou não de estratos da floresta restaurada</p> <p>Indivíduos do sub-bosque (indivíduos de até 3 m de altura)</p> <p>Indivíduos do subdossel (indivíduos de 3 m a 5 m)</p> <p>Indivíduos do dossel (indivíduos adultos não maiores que o estrato contínuo da floresta restaurada, variável para cada área, mas com, no mínimo, 5 m de altura)</p> <p>Indivíduos emergentes (indivíduos maiores que a altura do dossel contínuo, variável para cada área)</p>
	Formas de vida	Levantamento florístico das espécies não arbóreas e seus hábitos de vida
	Regeneração natural	Continuidade à metodologia usada na fase anterior, principalmente nesta fase em que os plantios devem estar mais consolidados e deverão apresentar estrato regenerante mais expressivo, podendo-se gerar análises mais esclarecedoras do sucesso da restauração
	Cobertura de gramíneas	Continuidade da metodologia usada nas demais fases, principalmente nesta fase em que não há mais manutenções dos plantios
	Fauna	Além da restauração da diversidade vegetal, é importante monitorar a fauna nativa do local, principalmente aquela com grande interação com a vegetação (polinizadores e dispersores de sementes)



Fotos: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa

**Figura 6.** Área em processo de restauração mostrando a evolução da regeneração natural (a) plantio em outubro 2011 e (b) após o plantio em 2013, Distrito Federal, Brasil.

Na avaliação da cobertura de gramíneas é possível perceber a influência de gramíneas agressivas no processo de restauração no desenvolvimento das espécies plantadas e no processo de regeneração na área (RODRIGUES et al., 2009) (Figura 7). Com os dados já descritos na fase de pós-plantio, poderão ser obtidos novos valores na fase de vegetação restaurada. Rodrigues et al. (2009) afirmam que a fase atual da restauração ecológica, permite maior segurança nas aplicações das ações necessárias para acelerar o processo de recuperação.



Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa

**Figura 7.** Avaliação da cobertura de gramíneas, Distrito Federal, Brasil.

O conjunto de indicadores selecionados para o monitoramento dos projetos de restauração dependerá das técnicas escolhidas e do objetivo final da restauração (RODRIGUES et al., 2009). Quando os indicadores são avaliados isoladamente podem fornecer interpretações equivocadas, principalmente acerca da restauração de processos ecológicos e da sustentação do ecossistema restaurado (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Para que um ecossistema seja considerado restaurado, tem que apresentar seus processos ecológicos restabelecidos e não somente sua estrutura vegetacional ou um número determinado de espécies semelhante à vegetação original (RIGUEIRA; MARIANO-NETO, 2013).

Rigueira e Mariano-Neto (2013) produziram uma matriz de indicadores baseada nos parâmetros: estrutura, composição, função ecológica e função social; sendo utilizados, para cada parâmetro, indicadores de diferentes componentes do ecossistema para auxiliar no monitoramento de áreas em processo de restauração (Tabela 3). Esses autores concluíram que indicadores que avaliam parâmetros estruturais são incapazes de inferir sobre a automanutenção do ecossistema, sendo assim, os indicadores da funcionalidade do sistema são mais indicados

para o monitoramento de áreas em processo de restauração. Lembrando que o monitoramento de projetos de restauração é dinâmico, sofrendo, com isso, modelação e adaptações no decorrer do processo. Outro ponto importante é o fato que o monitoramento da restauração permite a orientação de grandes, médias e pequenas propriedades rurais que necessitam de acompanhamento na recuperação de suas áreas degradadas (BARBOSA, 2006) assim como para o acompanhamento da efetividade de Políticas Públicas de restauração ambiental.

No contexto do monitoramento do processo de restauração ecológica, é necessário entender a importância de uma avaliação temporal sistêmica para que seja possível alcançar o sucesso (RIGUEIRA; MARIANO-NETO, 2013). Dessa forma, após 4 anos ou mais de monitoramento, será possível avaliar o sucesso ou não do processo de restauração por meio do uso de indicadores. Essa ferramenta mostrará se há necessidade de continuar ou não a avaliação periódica na área, bem como possibilitará a implementação de algumas estratégias de ação para se alcançar os objetivos propostos (RODRIGUES et al., 2009).

**Tabela 3.** Matriz de indicadores proposta por Rigueira e Mariano-Neto (2013), com adaptações, para avaliar a sustentabilidade das populações e dos processos responsáveis por sua manutenção em áreas sob restauração.

Parâmetro	Componente	Indicador	Período (anos)	Fase			Desejável	Indesejável	Referências	
				Implantação (1 ano)	Pós-implantação (2, 3 anos)	Vegetação restaurada (depois de 4 anos)				
Estrutura	Flora	Altura das mudas	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Crescimento constante; altura mínima de 6 m a 8 m com 10 anos	Estagnação no crescimento; altura média inferior a 6 m com 10 anos	Rigueira e Mariano-Neto (2013); Figueiredo (2011)	
		Espessura das mudas (DAP e DAS)	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Crescimento constante	Estagnação no crescimento	Rigueira e Mariano-Neto (2013); Figueiredo (2011)	
		Profundidade da cova	1/2, 1	x					Rodrigues et al. (2009)	
		Incremento de copa	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Incremento de sombra: < que 50% após o terceiro ano; maior que 65% após 5 anos; maior que 80% após 10 anos	Área pouco sombreada, predomínio do sol (> 50% de sombra)	Rigueira e Mariano-Neto (2013); Melo et al. (2007)	
	Solo	Erosão	Erosão	1/2, 1, 2, 3	x	x		Erosão reduzida e, por fim, controlada	Erosão ainda presente	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
			Compactação	1/2, 1, 2, 3	x	x		Solo descompactado	Solo ainda compactado	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Acidez (pH)	Acidez (pH)	1/2, 1, 2	x	x		Acidez neutralizada*	Solo ainda ácido	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
			Nutrientes	1/2, 1, 2	x	x		Solo rico de nutrientes (N, P, K)*	Solo pobre de nutrientes (N, P, K)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
			Cobertura/serapilheira	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Solo coberto	Solo exposto	Rigueira e Mariano-Neto (2013); Figueiredo (2011)
	Paisagem	Dinâmica dos fragmentos do entorno	2, 5, 10, 15		x	x	Aumento na quantidade de fragmentos florestais no entorno	Redução na quantidade de fragmentos florestais no entorno	Rigueira e Mariano-Neto (2013)	

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Parâmetro	Componente	Indicador	Período (anos)	Fase			Desejável	Indesejável	Referências
				Implantação (1 ano)	Pós-implantação (2, 3 anos)	Vegetação restaurada (depois de 4 anos)			
Composição	Flora	Regeneração natural	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Ocorrência de indivíduos regenerantes (diferentes idades e tamanhos)	Ausência de indivíduos regenerantes	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Formas de vida	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Ocorrência de diferentes formas de vida	Pouca diversidade de formas de vida (basicamente árvores)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
	Fauna	Ocorrência de novos táxons	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Aumento na riqueza de espécies	Manutenção ou redução na riqueza de espécies	Rigueira e Mariano-Neto (2013); Padovezi et al. (2014)
Processos ecológicos	Flora	Mortalidade e sobrevivência	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Baixa mortalidade e alta sobrevivência; ausência de matocompetição, pastoreio, predação ou alelopatia	Baixa sobrevivência e alta mortalidade; ocorrência de matocompetição ou pastoreio ou predação ou alelopatia	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Espécies exóticas ou daninhas	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Ausência de espécies exóticas ou daninhas	Ocorrência de espécies exóticas ou daninhas	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Padrões fenológicos	2, 3, 5, 10, 15		x	x	Diversidade na forma e tamanho de frutos/flores (síndromes) e período de ocorrência (mês de floração/frutificação)	Similaridade na forma e tamanho de frutos/flores (síndromes) e período de ocorrência (mês de floração/frutificação)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Grupo funcional	2, 3, 5, 10, 15		x	x	Aumento na ocorrência de espécies tolerantes à sombra (secundárias)	Manutenção ou aumento na ocorrência de espécies não tolerantes à sombra (pioneiras)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
Processos ecológicos	Fauna	Dispersores	2, 3, 5, 10, 15		x	x	Aumento na diversidade de dispersores (dispersam diferentes tipos de frutos)	Pouca diversidade de dispersores (dispersam o mesmo tipo de fruto)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Polinizadores	2, 3, 5, 10, 15		x	x	Aumento na diversidade de polinizadores (polinizam diferentes tipos de flores)	Pouca diversidade de polinizadores (polinizam o mesmo tipo de flor)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Herbívoros	1/2, 1	x			Diminuição do nível de danos	Altos níveis de danos	Rodrigues et al. (2009)

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Parâmetro	Componente	Indicador	Período (anos)	Fase			Desejável	Indesejável	Referências
				Implantação (1 ano)	Pós-implantação (2, 3 anos)	Vegetação restaurada (depois de 4 anos)			
Processos ecológicos	Solo	Fauna edáfica	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Aumento na diversidade e grupos funcionais (macro, meso e microfauna)	Manutenção na diversidade e grupos funcionais (macro, meso e microfauna)	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Decomposição	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Taxa de decomposição próxima dos valores observados nas áreas de referência	Taxa de decomposição menor do que os valores observados nas áreas de referência	Rigueira E Mariano-Neto (2013)
Função social	Sensibilização da comunidade local	Adesão do proprietário	1/2, 1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Proprietário satisfeito e participante, percepção de melhorias na sua qualidade de vida	Proprietário insatisfeito e sem participação, sem percepção de melhorias na sua qualidade de vida	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Formação de multiplicadores	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Proprietário divulgando a iniciativa de restauração para os demais vizinhos	Proprietário não divulga a iniciativa de restauração para os demais vizinhos	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Novas adesões	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Novos proprietários restaurando suas áreas	Sem novos proprietários restaurando suas áreas	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Iniciativas coletivas	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Formação de associações, cooperativas ou outros movimentos coletivos que vise a restauração	Ausência de tais iniciativas	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
	Desenvolvimento socioeconômico	Capacitação técnica	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Proprietários e mão de obra local com capacitação para restauração	Proprietários e mão de obra local sem capacitação para restauração	Rigueira e Mariano-Neto (2013)
		Geração de renda	1, 2, 3, 5, 10, 15	x	x	x	Geração de emprego e renda para mão de obra local	Geração de emprego e renda para mão de obra de outros locais	Rigueira e Mariano-Neto (2013)

\*Os solos do Bioma Cerrado são, no geral, naturalmente ácidos e com baixos níveis de N, P e K quando comparados à outros biomas, como Mata Atlântica. Assim, é importante considerar as peculiaridades de cada bioma e suas fitofisionomias na análise do processo de restauração ecológica.

## Considerações Finais

Os indicadores de restauração devem avaliar não somente a paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal, desse modo, as áreas restauradas serão sustentáveis no tempo e vão cumprir seu papel na conservação da biodiversidade remanescente (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001). Portanto, os indicadores são partes inseparáveis em qualquer projeto de restauração que busque a sustentabilidade dos recursos naturais (FELFILI et al., 2008).

A maioria dos estudos sobre indicadores ecológicos são direcionados ao Bioma Mata Atlântica. Para o Cerrado, existe uma grande lacuna de conhecimento. Os indicadores devem ser recomendados caso a caso, ou seja, é difícil haver uma universalização para o uso dos indicadores ecológicos para todos os biomas, sendo, por isso, necessário mais pesquisa básica para se entender as particularidades do Bioma Cerrado.

## Referências

- ALBUQUERQUE, L. B.; AQUINO, F. G.; COSTA, L. C.; MIRANDA, Z. J. G.; SOUSA, S. Espécies de Melastomataceae Juss. com potencial para restauração ecológica de mata ripária no Cerrado. **Polibotânica**, Distrito Federal, México, n. 35, p. 1-19, feb. 2013.
- ALBUQUERQUE, L. B. de; COSTA, L. C.; MIRANDA, Z. de J. G.; SOUSA, S. R. Melastomataceae Juss. em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de Mata Ripária no Bioma Cerrado. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE BOTÁNICA, 10., 2010, La Serena. **Conservación y uso sustentable de la flora nativa Latinoamericana**: resúmenes. La Serena: Asociación Latinoamericana de Botánica, 2010. p. 1-13.
- ALBUQUERQUE, L. B.; SOUSA, A. C. da S. A. de; SOUSA, S. R.; AQUINO, F. de G. Germinación de especies clave de Melastomataceae Juss. para fines de restauración del ecosistema ripario de la Sabana Brasileña. In: WORLD CONFERENCE ON ECOLOGICAL RESTORATION, 4., 2011, Mérida. **Anais...** Mérida: SER 2011: World Conference on Ecological Restoration, 2011. p. 221-221.
- ANDREASEN, J. K.; O'NEILL, R. V.; NOSS, R.; SLOSSER, N. C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v.1, n. 1, p. 21-35, Aug. 2001.

ANTEZANA, F. L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina-DF**. 2008. 84 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

AQUINO, F. G.; AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; PARRON, L. M. Sustentabilidade no bioma Cerrado: visão geral e desafios. In: PARRON, L. M.; AGUIAR, L. M. de S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A. de; AQUINO, F. de G. (Ed.). **Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 23-32.

AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. **Módulos para recuperação de Cerrado com espécies nativas de uso múltiplo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Documentos, 250).

ARAÚJO, P. de. **Biomass**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>. Acesso em: 17 out. 2014.

ARAÚJO, R. S. de. **Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BARBOSA, L. M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Ed. da USP: Fapesp, 2000. p. 289-312.

BARBOSA, L. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

BARREIRA, S.; BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. de. Efeito de diferentes intensidades de corte seletivo sobre a regeneração natural de Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 40-51, 2000.

BECHARA, F. C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006. 249 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BENTHAM, H.; HARRIS, J. A.; BIRCH, P.; SHORT, K. C. Habitat classification and the soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physicochemical characteristic. **Journal of Applied Ecology**, v. 29, p. 711-718, 1992.

BLOCK, W. M.; FRANKLIN, A. B.; WARD Jr., J. P.; GANEY, J. L.; WHITE, G. C. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. **Restoration Ecology**, v. 9, n. 3, p. 293-303, Sept. 2001.

BORDINI, M. C. P. **Manejo da regeneração natural de vegetação de cerrado, em áreas de pastagens, como estratégia de restauração na Fazenda Santa Maria do Jauru, município de Porto Esperidião, MT.** 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CLEWELL, A. F. Guidelines for reference model preparation. **Ecological Restoration**, v. 27, n. 3, p. 244-246, Sept. 2009.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação.** Brasília, DF: Universa, 2005.

CORREIA, M. E. F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 157).

CORTES, J. M. **Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação, Planaltina-DF.** 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade de Brasília.

COUSINS, S. A. O.; LINDBORG, R. Assessing changes in plant distribution patterns – indicator species versus plant functional types. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 17-27, Mar. 2004.

DALE, V. H.; BEYELER, S. C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 1, p. 3-10, Mar. 2001.

DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração de vegetação de Cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998.

DURIGAN, G.; DIAS, H. C. S. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 308-312.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistema naturais.** São Paulo: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 3-22.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, F. J.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de matas de galeria.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. (Embrapa Cerrados. Documentos, 21).

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Recuperação de áreas degradadas no Cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. In: FELFILI, J. M.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. de A. (Org). **Bases para recuperação de áreas degradadas na Bacia do São Francisco**. Brasília, DF: Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas, 2008. p. 17-26.

FERRAZ, S. F. de B.; PAULA, F. R.; VETTORAZZI, C. A. Incorporação de indicadores de sustentabilidade na priorização de áreas para restauração florestal na bacia do rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 937-947, set./out. 2009.

FIGUEIREDO, F. E. L. (Org.). **Painel da qualidade ambiental**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2011.

FREITAS, V. L. de O. **Restauração de áreas degradadas pela extração de Ardósia, utilizando seus rejeitos, no município de Papagaio, Minas Gerais**. 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GANDOLFI, S. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em recuperação. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MATAS CILIARES: MODELOS ALTERNATIVOS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MATAS CILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 2006. p. 44-52.

GRAY, A. N.; AZUMA, D. L. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 57-71, Jan. 2005.

GROFFMAN, P. M.; McDOWELL, W. H.; MYERS, J. C.; MERRIAM, J. L. Soil microbial biomass and activity in tropical riparian forests. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 10, p. 1339-1348, Aug. 2001.

HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, Malden, v. 9, n. 2, p. 239-246, Jun. 2001.

IGNÁCIO, E. D.; ATTANÁSIO, C. M.; TONIATO, M. T. Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: Microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 219-223, jul. 2007.

JANSEN, A. Territorial on vertebrate community structure as an indicator of success of a tropical rain forest restoration project. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 2, p. 115-124, 1997.

LIMA, P. A. F. **Eficiência de indicadores da restauração ecológica em mata ripária (fase de implantação), no Cerrado, Gama – DF**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MANOLIADIS, O. G. Development of ecological indicators – a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 2, n. 1/2, p.169-176, Nov. 2002.

MANUAL de restauração florestal: um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará. Belém: Engenharia Ambiental: The Nature Conservancy, 2013.

METZGER, J. P. Bases biológicas para definição de Reservas Legais. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 31, p. 183-184, 2002.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 10, n. 4, p.1147-1161, 2000.

MILLER, S. J.; WARDROP, D. H. Adapting the floristic quality assessment index to indicate anthropogenic disturbance in central Pennsylvania wetlands. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 313-326, Apr. 2006.

MIRANDA NETO, A. **Avaliação do componente arbóreo, da regeneração natural e do banco de sementes de uma floresta restaurada com 40 anos, Viçosa, MG**. 2011. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, MG.

MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural da mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, mar. 2010.

MONITORAMENTO de áreas em recuperação. **Cadernos da Mata Ciliar**, São Paulo, n. 4., 2011.

MORAES, A. S.; TOMICH, T. R.; ABREU, U. G. P. de; RACHEL, R. C. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pantanal**: 1. técnicas de produção aplicadas ao sistema de produção extensivo de gado de corte do Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. (Embrapa Pantanal. Documentos, 250).

MORAES, L. F. D.; ASSUMPTÃO, J. M.; PEREIRA, T. A.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, 2013.

MUNDIM, T. G. **Avaliação de espécies nativas usadas na vegetação de áreas degradadas no Cerrado**. 2004. 100 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

NAIR, C. T. S.; RUTT, R. Creating forestry jobs to boost the economy and build a green future. **Unasyuva** 233, v. 60, p. 3-10, 2009.

NUNES, S. S. S. **Estimativas de biomassa e carbono e indicadores para restauração de florestas secundárias em Paragominas, Pará**. 2011. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, F. F. **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de Cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil**. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Departamento de ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

OLIVEIRA, F. F.; RIBEIRO, J. F. Sobrevivência e crescimento de espécies de Cerrado e de floresta em área de Cerrado degradado em Brasília, DF. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56., 2005, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Federal do Paraná, 2005. 1 CD ROM.

PACHÊCO, B. S. **Chuva de sementes como indicador de restauração ecológica em matas ripárias do Distrito Federal**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.

PACTO pela restauração da mata Atlântica. 2015. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/index.aspx?lang=pt-br>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

PADOVEZI, A.; RODRIGUES, R. R.; HORBACH, M. A. Avifauna como possível indicador da resiliência de áreas degradadas. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2014.

PARKER, V. T. The scale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, San Francisco, v. 5, n. 4, p. 301-306, Dec. 1997.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 31, p. 33-44, abr. 1998.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 55, p. 67-73, jul./dez. 2007.

RESENDE, L. A. de; PINTO, L. V. A. Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 37-48, abr. 2013.

RESTAURAÇÃO ecológica: sistemas de nucleação. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2011. Disponível em <<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Nucleacao.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 27-47.

RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO-NETO, E. Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. **Revista CAITITU**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 73-88, 2013.

ROCHA, F. B. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies nativas do cerrado submetidas a quatro tipos de adubação na recuperação de área degradada na APA Gama e Cabeça de Veado, DF**. 2013. 57 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração de Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 3. ed. São Paulo: LERF, 2010.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. R. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2001. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Ed. da UFV, 1998. p. 203-215.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, Sept. 2005.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SCHIEVENIN, D. F.; TONELLO, K. C.; SILVA, D. A. da; VALENTE, R. de O. A.; FARIA, L. C. de; THIERSCH, C. R. Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP, ano 10, v. 19, n. 1, p. 95-108, fev. 2012.

SILVA, J. C. S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal**. 2007. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SIQUEIRA, L. P.; MESQUITA, C. A. B. **Meu pé de Mata Atlântica**: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007.

SOARES, S. M. P. **Técnicas de restauração de áreas degradadas**, MG. 2009. 9 f. Estágio em Docência – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **SER international primer on ecological restoration**: Society for Ecological Restoration, Science & Policy Working Group. Version 2. Tucson, 2004.

SOUZA, F. M. de; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 191, n. 1/3, p. 185-200, Apr. 2004.

SOUZA, P. A. de; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **CERNE**, v. 12, n. 1, p.55-67, jan./mar. 2006.

STATE ENVIRONMENTAL GOALS AND INDICATORS PROJECT. Evaluation criteria. In: BERGQUIST, G. **Prospective indicators for state use in performance agreements**. Florida: SEGIP/Florida Center for Public Management, 1995. p. B6-B7.

TRES, D. R. Tendências da restauração ecológica baseada na nucleação. In: MARIATH, J. E. de A.; SANTOS, R. P. dos. (Org.). **Os avanços da botânica no início do século XXI**: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética: conferências plenárias e simpósios do 57º congresso nacional de botânica. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 2006. p. 404-408.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, n. 1/3, p. 429-437, Sep. 1998.

ZOU, X. M.; GONZALEZ, G. Changes in Earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 3/4, p. 627-629, Mar./Apr. 1997.

# Ecological Indicators: tools for monitoring the ecological restoration process

---

## Abstract

*The historical process of land occupation resulted in the suppression of the original vegetation. Ecological restoration is one of the main actions aimed at regaining stability and biological integrity of natural ecosystems. On this matter, studies have been developed, especially for some Brazilian ecosystems; however, it is necessary to generate information to improve the ecological restoration strategies. In this context, it is necessary to monitor the temporal evolution of biotic and abiotic factors during the ecological restoration process. For this purpose, evaluation tools, such as ecological indicators, should be used. These indicators must reflect some aspect of the ecosystem functioning, be easy to measure and easy to understand, so that, over time, they can detect flaws in the execution of the project, in order to carry out the adaptive management. The selection of a set of monitoring tools, regardless of biome or technique or strategy to be used for recovery, reflects the lack of consensus in the scientific literature. Thus, this document aimed to contribute on theme of monitoring indicators for the ecological restoration process, without, however, exhaust the subject that is extremely diverse.*

*Index terms: Brazilian savanna, restoration of degraded areas.*

**Embrapa**

---

*Cerrados*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

CGPE 12394