

# Eficiência de regenerantes como indicador de restauração ecológica no Cerrado, Brasil

## Efficiency of regenerating as an indicator of ecologic restoration in Cerrado, Brazil

Pedro Augusto Fonseca Lima<sup>1,\*</sup>, Lidiamar Barbosa de Albuquerque<sup>2</sup>, Juaci Vitória Malaquias<sup>3</sup>, Alcides Gatto<sup>4</sup> e Fabiana de Gois Aquino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Florestal, Campus da UnB, Asa Norte, C.P. 4357 CEP: 70904-970 - Brasília - DF, Brasil;

<sup>2</sup> Pesquisadoras da Embrapa Cerrados, Embrapa Cerrados, Rodovia BR-020, Km 18 C.P. 08223 CEP: 73310-970 - Planaltina - DF, Brasil;

<sup>3</sup> Analista em estatística da Embrapa Cerrados, Embrapa Cerrados, Rodovia BR-020, Km 18 C.P. 08223 CEP: 73310-970 - Planaltina - DF, Brasil;

<sup>4</sup> Professor da Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Florestal, Campus da UnB, Asa Norte, C.P. 4357 CEP: 70904-970 - Brasília - DF, Brasil.

(\*E-mail: pedrofons@gmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA15106>

Recebido/received: 2015.08.20

Aceite/accepted: 2016.03.03

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos regenerantes como indicador ecológico de restauração em matas ripárias no Cerrado, DF, no período de janeiro/2012 a janeiro/2013. O experimento de restauração constou de seis tratamentos com três repetições cada (T1 = nucleação; T2 = nucleação + poleiros artificiais; T3 = poleiros artificiais; T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = controle com braquiária; T6 = supressão da braquiária). A análise do incremento da cobertura foi pelo método de Braun-Blanquet e, em seguida, aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Houve diferença significativa entre a percentagem de cobertura inicial e final dos regenerantes para o T1. Nos demais tratamentos observou-se ligeiros aumentos, mas, não significativos, assim como não houve diferença significativa no incremento entre os tratamentos. Não houve diferenças entre os tratamentos ao se analisar somente a densidade de regenerantes, o que pode estar associado a alta taxa de mortalidade de determinadas espécies. Embora iniciais, a avaliação da percentagem de cobertura dos regenerantes como indicador do processo de restauração ecológica, o enquadra em todos os aspectos de eficiência de indicadores (sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade ou tendência e escala). Dessa forma, pode-se concluir que a cobertura dos regenerantes demonstrou eficiência como indicador, mesmo nesta fase de implantação da restauração, porque foi capaz de mostrar as variações entre os tratamentos, ainda que não significativas.

Palavras-chave: cobertura de regenerantes, mata ripária, regeneração natural.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the efficiency of regenerating as an ecological indicator of restoration in riparian forests in the Cerrado, DF, from January/2012 to January/2013. The restoration experiment contained six treatments with three repetitions each (T1 = Nucleation; T2 = Nucleation + perches; T3 = perches; T4 = planting in rows: lines with fast growing and good covering species and diversity lines; T5 = control with brachiaria; T6 = brachiaria suppression). The percentage of coverage of sapling was made using the Braun-Blanquet method, and then applied the nonparametric Kruskal-Wallis test. There was a significant difference between the initial and final cover for the T1. The other treatments there was little increase in the coverage of sapling, but not significant, even as in the increase between treatments. There were no differences between treatments when analyzing only the density of sapling, which may be associated with high mortality rate of certain species. Although early, the percentage of coverage of sapling was a good indicator of the ecological restoration process, according with aspects: sensitivity, results, cost, understanding and interpretation, predictability or trend and scale. Thus, it can be concluded that the percentage of coverage of sapling demonstrated efficiency as an indicator.

Keywords: regenerating coverage, natural regeneration, riparian forest.

## INTRODUÇÃO

No processo de restauração ecológica busca-se a conciliação das áreas produtivas com as áreas de preservação, o que promove a sinergia entre as paisagens fragmentadas (Reis *et al.*, 2007). A conexão entre os fragmentos é altamente dependente das interações bióticas que catalisam a sucessão em áreas em processo de restauração e melhoram as condições para que espécies nativas ocupem ambientes outrora degradados (Rodrigues *et al.*, 2009). Estas espécies podem servir de gatilhos ecológicos de forma a potencializar o fluxo gênico entre habitats e, conseqüentemente, aumentarem a conectividade da paisagem e a resiliência do ecossistema (Reis *et al.*, 2007).

A capacidade de resiliência do ecossistema pode ser medida por meio de avaliações da vegetação (Reis *et al.*, 2007). Na avaliação de sistemas em restauração algumas variáveis necessitam ser monitoradas periodicamente para serem utilizadas como indicadores ecológicos (Rodrigues *et al.*, 2009; Rigueira e Neto, 2013).

O indicador é qualquer variável utilizada para avaliar a condição de um determinado critério (Rodrigues *et al.*, 2011), o que auxilia na identificação do modo como as metas estabelecidas relacionam-se com os processos sucessionais naturais (Hobbs e Harris, 2001). A seleção de indicadores do processo de restauração possibilita ter maior segurança na recomendação de técnicas, o que depende da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos, bem como auxiliar a comparação do sucesso da intervenção entre diferentes projetos (Manoliadis, 2002).

Alguns indicadores de restauração recomendados são: densidade de indivíduos de menor porte e maior porte, mortalidade das mudas, presença de espécies arbóreas invasoras e quantificação de indivíduos provenientes da regeneração natural (Rodrigues *et al.*, 2011). Bellotto *et al.* (2009) mostraram que os indivíduos provenientes da regeneração natural - regenerantes - podem ser considerados bons indicadores do processo de restauração, uma vez que refletem a atuação dos processos ecológicos na dinâmica florestal, como a dispersão e chuva de sementes, composição e germinação do banco de sementes e recrutamento de indivíduos da população. Os regenerantes são dependentes da disponibilidade de sementes oriundas da dispersão ou do banco de sementes do solo (Grombone-Guaratini e Rodrigues, 2002).

Alguns trabalhos evidenciaram a utilização dos regenerantes como indicadores do processo sucessional, como na Mata Atlântica (Aquino *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2009) e no Cerrado (Barreira *et al.*, 2002; Bocchese *et al.*, 2008; Costa-Pereira, 2009; Cortes, 2012).

A busca por indicadores para avaliar o estado de um ecossistema em restauração, em dado momento, e que expressem a capacidade de enriquecimento natural das áreas é fundamental visando empregar de maneira eficaz os diferentes métodos de restauração existentes. O incremento na densidade de indivíduos e na percentagem de cobertura por vegetação nativa, em dado intervalo de tempo, podem ser ferramentas importantes para a avaliação do sucesso de experimentos de restauração ecológica (Rodrigues *et al.*, 2009). O grande desafio atual é obter indicadores que caracterizem efetivamente o estado de um sistema ecológico e sejam simples para serem medidos e interpretados sem dificuldade pelos tomadores de decisão (Dale e Beyeler, 2001).

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a densidade e a percentagem de cobertura de regenerantes como indicadores do processo de restauração ecológica, após 12 meses de plantios com espécies nativas, em área de mata ripária do Cerrado, DF, Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Caracterização da área de estudo*

Este trabalho foi desenvolvido dentro do projeto Aquaripária/CNPq, cujo objetivo é testar diferentes técnicas de restauração em matas ripárias do Cerrado para propor alternativas ao produtor que sejam mais viáveis tanto ecológica como economicamente. A área experimental (2,56 ha de mata ripária degradada, limitada por pastagem e fragmentos de mata ripária) está às margens do Córrego Ponte Alta, Gama, DF (15°56'57,27"S e 48°07'28,24" W). Essa área é dominada por *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (braquiária), poucas lianas e indivíduos isolados de plantas nativas do Cerrado.

Os solos predominantes da região do Distrito Federal são os Latossolos (Reatto *et al.*, 2008). A temperatura média do Distrito Federal de janeiro de 2012 a janeiro de 2013 foi de 20°C, com temperaturas médias mais altas em setembro (23,11 °C) e

outubro de 2012 (22,91 °C); e mais baixas em maio (19,01 °C) e em julho (19,04 °C). Os meses mais chuvosos nesse período foram: janeiro, fevereiro, março e novembro de 2012 e janeiro de 2013; e os mais secos, junho, julho e agosto de 2012 (INMET, 2014).

#### *Experimento de restauração ecológica*

O projeto Aquaripária implantou, em dezembro de 2011, diferentes técnicas de restauração na área experimental: plantio em linhas [linhas de recobrimento (espécies com boa cobertura e rápido crescimento) intercaladas com linhas de diversidade (diferentes espécies e formas de vida)], adaptado do modelo proposto por Nave e Rodrigues (2007) e plantio em núcleos (modelo de Anderson e poleiro artificial), adaptado do método proposto por Anderson (1953) e adaptado por Reis *et al.* (2003).

O preparo da área consistiu na demarcação das parcelas; na instalação dos tratamentos [T1 = nucleação (5x5m); T2 = nucleação (5x5m) + poleiros artificiais; T3 = poleiros artificiais; T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = controle com braquiária; T6 = supressão da braquiária]; na abertura das covas (30 x 40 cm), de acordo com a disposição padronizada em cada método (núcleos e/ou linhas) e na fixação dos poleiros em covas de 40 x 80 cm. Após o plantio das mudas, em dezembro de 2011, foi realizado, semestralmente, o coroamento das mudas para diminuir a competição com a braquiária. O controle de formigas cortadeiras foi realizado em 2011 e no primeiro semestre de 2012.

O delineamento experimental foi composto por seis tratamentos, com três repetições, distribuídos aleatoriamente em 18 parcelas independentes, distantes entre si em três metros:

**Tratamento 1 (T1) - Nucleação:** modelo de Anderson (T1) - utilizou-se cinco mudas por núcleo em formato de cruz, as mudas laterais foram arbustivas (Abt) e a central arbórea (Abr) com espaçamentos de 1m entre mudas e 5 m entre núcleos. Foram alocados 25 núcleos com 125 mudas (parcela 30x30 m) (Figura 1a). Vantagens: grande capacidade de atração de fauna pelo número maior de mudas de espécies arbustivas zoocóricas, que ofertam recursos antes das arbóreas; aceleração do processo de restauração. Desvantagens: custo elevado, dificuldade de implantação e na distribuição das mudas.

**Tratamento 2 (T2) - Nucleação:** modelo de Anderson + poleiros artificiais - utilizou-se o modelo adaptado de Anderson associado com poleiros artificiais (P). Espaçamento entre núcleos e poleiros = 5m, com distribuição alternada, perfazendo 13 núcleos, intercalado com 12 poleiros (parcela 30x30 m) (Figura 1b). Vantagens: Grande capacidade de atração de fauna por misturar elementos diferenciados – mudas e poleiros; Aceleração do processo de restauração. Desvantagens: Custo elevado na confecção, implantação e manutenção dos poleiros; dificuldade na distribuição das mudas.

**Tratamento 3 (T3) - Nucleação:** poleiros artificiais - implantação de poleiros (P) secos (estacas de eucalipto de 5m, com três estacas de 1,50 m de comprimento fixadas transversalmente a partir do topo em intervalos de 1,40 m entre si), firmados a 0,80 m de profundidade. Foram instalados 36 poleiros com espaçamento = 5 m (parcela 25 x 25 m) (Figura 1c). Vantagens: atração de aves para os poleiros; aceleração do processo de restauração. Desvantagens: custo elevado na confecção, implantação e manutenção dos poleiros.

**Tratamento 4 (T4) - Linha de recobrimento e linha de diversidade -** plantio em linhas alternadas (4 de recobrimento e 3 de diversidade) distância entre linhas e mudas = 3 m (parcela 21 x 21 m) (Figura 1d). Vantagens: facilidade de implantação, menor número de mudas em relação ao plantio em núcleos e baixo custo. Desvantagens: menor capacidade de atração de fauna devido ao menor número de mudas em relação ao plantio em núcleos.

**Tratamento 5 (T5) - Controle com braquiária – Abandono.** Sem qualquer tipo de manejo e tratamentos silviculturais, área dominada por braquiária (parcela 21 x 21 m) (Figura 1e). Vantagem: baixo custo. Desvantagens: área com baixa resiliência, menor capacidade de restauração.

**Tratamento 6 (T6) - Supressão da braquiária -** Supressão da braquiária: tratamento sem braquiária e sem plantio. Neste tratamento a braquiária foi controlada mecanicamente (parcela 21 x 21 m) (Figura 1f). Vantagens: a supressão de braquiária permite diminuir a competição com as espécies nativas e estimular o banco de sementes, quando presente. Desvantagens: dificuldade de suprimir a braquiária e custo elevado.

A seleção das espécies arbóreas foi realizada com base nos princípios ecológicos e critérios exigidos em cada método, que também considerou a adaptabilidade de cada espécie às condições ambientais da mata ripária, seu habitat e sua categoria sucesional. Para tal, foram consultadas literaturas específicas, como Ribeiro *et al.* (2001) e Sano *et al.* (2008).

Para as espécies arbustivas a seleção foi feita com base em critérios de atração de fauna estabelecidos por Albuquerque *et al.* (2013). A partir desses critérios, assim como na disponibilidade de sementes e mudas, foram selecionadas 18 espécies vegetais nativas do bioma Cerrado (Quadro 1).

#### Coleta e análises dos dados

No monitoramento dos regenerantes avaliou-se a densidade (número de indivíduos regenerantes por m<sup>2</sup>) e a sua cobertura (percentagem de área coberta pelos regenerantes) em três ocasiões, entre janeiro de 2012 e janeiro de 2013. A percentagem de cobertura dos regenerantes foi obtida a partir do método de Braun-Blanquet (1979), assim como dos remanescentes (plantas presentes na área antes do plantio de restauração), graminóides (p. ex.: braquiária), outras invasoras, lianas e ausência de cobertura vegetal. A densidade média dos regenerantes foi calculada para cada tratamento. O incremento médio da cobertura foi obtido a partir da

**Quadro 1** - Espécies nativas do Cerrado selecionadas para experimento de restauração ecológica de mata ripária, DF, Brasil. T1 = nucleação método de Anderson; T2 = nucleação método de Anderson + poleiros artificiais e T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade

Nome científico	Nome comum	Número de mudas			
		T1	T2	T4	Total
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum)	Marmelada-de-cachorro	6	-	6	12
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Guatambu-da-mata	-	-	6	6
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Mirindiba	6	6	15	27
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá	9	9	9	27
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Guanandi	9	6	6	21
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desff.	Copaíba	-	-	3	3
<i>Croton urucurana</i> Baill	Sangra d'água	6	-	18	24
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê verde	9	-	6	15
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	-	6	-	6
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	9	-	6	15
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Ipê-amarelo	9	6	6	21
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá da mata	-	-	18	18
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	Amoreira	-	6	-	6
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	Quaresmeirinha	150	78	9	237
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) O. Kuntze	Pororoca	-	78	6	84
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	Bacupari-da-mata	6	-	-	6
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	6	-	18	24
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	Quaresmeira	150	-	15	165
<b>Total de mudas</b>				<b>717</b>	

**Quadro 2** - Mudanças na densidade de regenerantes nos tratamentos do experimento de restauração ecológica de matas ripárias, DF, Brasil

Tratamentos	Regenerantes (m <sup>2</sup> )		
	jan/12	jul/12	jan/13
Nucleação método de Anderson (T1)	0,02	0,02	0,04
Nucleação método de Anderson + poleiros artificiais (T2)	0,07	0,03	0,06
Poleiros artificiais (T3)	0,09	0,04	0,14
Linha de recobrimento e linha de diversidade (T4)	0,03	0,04	0,09
Controle com braquiária (T5)	0,06	0,02	0,02
Supressão da braquiária (T6)	0,12	0,08	0,09

diferença da cobertura final e inicial, multiplicada por 100% e dividido pela cobertura inicial, conforme metodologia aplicável para o método de Braun-Blanquet (1979):  $Im(\%) = (CF - CI) / CI$ , onde: Im = Incremento médio (%); CF = Cobertura final; CI = Cobertura inicial. As análises do percentual de cobertura e de incremento foram feitas através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

O potencial dos regenerantes como indicador do processo de restauração ecológica foi avaliado a partir das características de um indicador ecológico, de acordo com SEGIP (1995) e Metzger e Casatti (2006), e adaptadas por Scoriza *et al.* (2009), que utilizou o método para analisar o estado de conservação de fragmentos florestais. Para avaliar os aspectos e descritores propostos neste método (sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade ou tendência e escala), utilizou-se a escala Likert de cinco níveis, do menos eficiente (1) ao mais eficiente (5).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve tendência de acréscimo na densidade de indivíduos regenerantes nos tratamentos T1, T3 e T4 (Quadro 2). O aumento verificado no T4 pode ser em função do maior número de sementes no banco de sementes do solo pelo aporte de propágulos de algumas árvores e arbustos remanescentes. A presença de vegetação remanescente pode influenciar fortemente a taxa de colonização inicial por meio de seu efeito sobre a dispersão de sementes (Guari-guata e Ostertag, 2001).

A presença de árvores nativas remanescentes também pode auxiliar no processo de regeneração

natural ao funcionar como poleiros naturais para a avifauna e quiropterofauna. A atividade desses grupos faunísticos pode incrementar a sucessão secundária, decorrente da germinação de sementes provenientes da deposição de fezes (Reis *et al.*, 1999), regurgitação ou queda de frutos durante o transporte das sementes (Aquino *et al.*, 2013), bem como fornecem abrigo e/ou alimentação aos animais (Guevara *et al.*, 1986).

A regeneração natural reflete os processos dinâmicos da sucessão vegetacional, onde áreas com maior densidade de regenerantes apresentam maior composição de banco de sementes, resultado da maior germinação das espécies (Rodrigues *et al.*, 2009).

Ao analisar os tratamentos T2, T5 e T6 verificou-se que houve decréscimo na densidade de regenerantes. A queda da densidade no T5 pode ser justificada devido à roçada equivocada realizada em março de 2012 em uma das suas parcelas, refletida na análise dos regenerantes, entre janeiro/2012 e julho/2012. Outra questão chave a ser considerada é que muitas espécies de regenerantes não são perenes. Assim, é natural que nesta fase de implantação possa haver maior cobertura em um monitoramento do que em outro e vice-versa. De acordo com Lieberman (1996), diferenças de densidade de regenerantes podem ser agravadas quando as espécies em estudo não são perenes. Esses autores afirmaram que devido a este recrutamento esporádico ou em longos intervalos de tempo, justifica diferenças de densidades nos monitoramentos.

A densidade de indivíduos regenerantes também foi avaliada por Viani e Rodrigues (2008), em uma Floresta Estacional Semidecidual em recuperação. O trabalho mostrou que a densidade de regenerantes

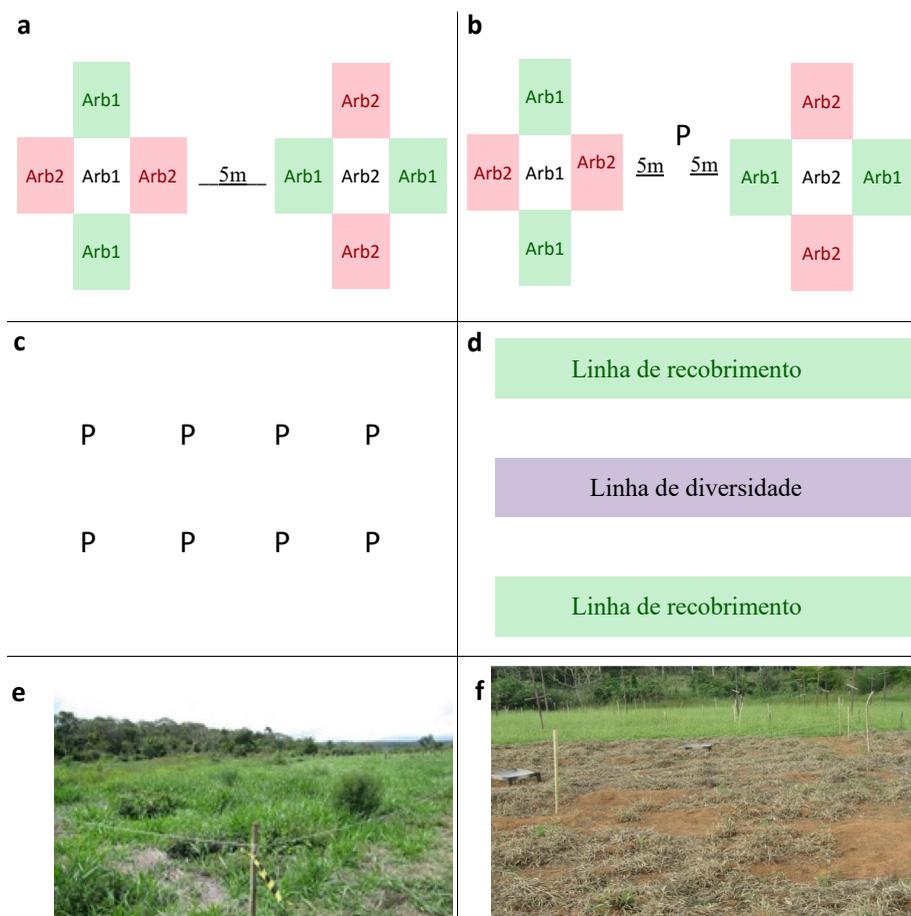
foi similar ao do marco zero após 12 meses de monitoramento, ou seja, não houve aumento expressivo. A densidade de regenerantes é o indicador mais direto da resiliência em restauração, no entanto, esta variável deve ser avaliada cuidadosamente nos primeiros anos (cerca de cinco) após a implantação, justamente pela alta taxa de mortalidade dos regenerantes (Suganuma e Durigan, 2015).

Neste trabalho, apesar de não existirem grandes diferenças em densidade de regenerantes no período de implantação, os dados retratam a condição da área. Observou-se que os regenerantes refletem o tipo de manejo adotado na área antes da implantação do experimento de restauração (área que intercalava agricultura e pecuária bianualmente), que pode ter diminuído o banco de sementes e as possibilidades de rebrota das espécies nativas.

Verificou-se também, a partir da análise não

paramétrica de Kruskal-Wallis, que houve diferença significativa entre a percentagem de cobertura inicial e final de regenerantes no T1 em relação aos demais tratamentos. A diferença proveniente de um único tratamento (T1) pode ser explicada pelo curto período de análise (12 meses). Ao se analisar o incremento, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ( $p = 0,6464$ ) (Quadro 3).

O T1 apresentou cobertura final 3,1 vezes maior do que o valor inicial (janeiro/12 a janeiro/13). Vale ressaltar que uma parcela referente a este tratamento encontra-se próximo à borda do experimento e as outras, adjacentes ao fragmento remanescente de mata ripária, o que pode ter influenciado no aumento da cobertura nesse período. Na borda de áreas com histórico de degradação, a intensidade de luz propicia a maior germinação de espécies pioneiras, que crescem preferencialmente em



**Figura 1** - Tratamentos aplicados no experimento de restauração ecológica de mata ripária, DF, Brasil; a - Nucleação: modelo de Anderson (T1); b - Nucleação: modelo de Anderson + poleiros artificiais (T2); c - Nucleação: poleiros artificiais (T3); d - Linha de recobrimento e linha de diversidade (T4); e - Controle com braquiária (T5); f - Supressão da braquiária (T6).

ambientes abertos (Lieberman, 1996). Por outro lado, a borda de fragmentos é a principal fonte de propágulos de espécies nativas.

Alguns estudos sobre a regeneração natural em área em restauração (Souza e Batista, 2004; Ferreira *et al.*, 2009) apontaram que a proximidade de remanescentes florestais, que atuam como fontes de propágulos, aliada à ocorrência de agentes polinizadores e dispersores, configuram fatores preponderantes para o êxito da restauração em longo prazo. A chegada de propágulos alóctones é peça fundamental para a conservação de qualquer formação vegetal, ao promover fluxo gênico e o aumento de diversidade (Rodrigues *et al.*, 2009). As interações ecológicas aumentam a disponibilidade de sementes, que são vitais para que ocorra sucessão secundária e acelere a restauração ecológica (Reis *et al.*, 2007).

No presente estudo, foi possível observar que houve ligeiro aumento na percentagem de cobertura de regenerantes nos T4 e T5 (Quadro 3). Esses dois tratamentos possuem parcelas adjacentes ao fragmento de mata ripária. Alguns estudos sobre a regeneração natural em área em restauração (Souza e Batista, 2004; Ferreira *et al.*, 2009) apontaram que a proximidade com os remanescentes florestais, que atuam como fontes de propágulos, aliada à ocorrência de agentes polinizadores e dispersores, são fatores preponderantes para o êxito, em longo prazo, do processo de restauração. A chegada de propágulos alóctones é fundamental para a auto-perpetuação de qualquer formação vegetal, ao promover o enriquecimento biológico da área (Rodrigues *et al.*, 2009).

Outros fatores podem ajudar no estabelecimento de indivíduos provenientes da regeneração natural, como a restauração de áreas degradadas que proporciona condições ambientais mais adequadas aos regenerantes (Rodrigues *et al.*, 2011). Como houve aumento da cobertura de regenerantes em todos os tratamentos, pode ser um indício de que a ação da restauração tenha ajudado no recrutamento.

O aumento do percentual de graminóides em todos os tratamentos, com maior no T5 (101,96%), e das invasoras com ênfase no T5 (164,06%) (Quadro 4) pode ter influenciado o desenvolvimento dos regenerantes.

Mesmo não significativos, os tratamentos T6 e T3 apresentaram menor incremento anual da cobertura de regenerantes. Alguns fatores podem ter influenciado o baixo incremento de cobertura de regenerantes como: 1) a presença de gramíneas exóticas na área (p. ex. braquiária), que pode ter interferido no estabelecimento da regeneração natural nesses tratamentos; 2) o aumento das espécies invasoras nos dois tratamentos, visto que houve aumento de 85,47% de graminóides no T6 e 74,21% de invasoras na T2, o que provavelmente explica a competição das espécies invasoras com as espécies nativas, conforme mencionado por outros autores (Martins *et al.*, 2004). Porém, Rodrigues *et al.* (2009) afirmaram que há fortes indícios de que áreas degradadas que possuem um grau de resiliência, consigam se recompor, mesmo na presença de espécies invasoras.

A partir das avaliações da percentagem de cobertura vegetal nativa e da cobertura por gramíneas

**Quadro 3** - Cobertura e incremento de regenerantes (%) nos diferentes tratamentos, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, DF, Brasil. T1 = nucleação método de Anderson; T2 = nucleação método de Anderson + poleiros artificiais; T3 = Poleiros artificiais; T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = controle com braquiária; T6 = supressão da braquiária

Tratamentos	jan/12	jul/12	jan/13	p	Média Desvio Padrão	Incremento Anual (%)
	Cobertura	Cobertura	Cobertura			
Percentagem						
T1	0,25	0,65	0,79	0,0463	0,56 ± 0,24	211,84
T2	0,97	3,82	2,3	1,000	2,36 ± 1,66	137,93
T3	0,23	0,14	0,36	0,5127	0,24 ± 0,15	58,54
T4	0,17	0,51	0,69	0,2752	0,45 ± 0,29	311,11
T5	0,22	0,34	0,8	0,5127	0,45 ± 0,42	258,33
T6	0,8	0,63	1,02	0,6579	0,81 ± 0,51	27,91

**Quadro 4** - Cobertura e incremento médio anual de graminóides, invasoras, remanescentes, solos expostos e lianas nos seis tratamentos, no período de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, DF, Brasil. Cb: Cobertura anual; IM: incremento médio anual; T1= nucleação de Anderson; T2= nucleação de Anderson + poleiros artificiais; T3= Poleiros artificiais; T4= linha de recobrimento e linha de diversidade; T5= controle com braquiária; T6= supressão da braquiária

Variáveis	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM
	Porcentagem											
Graminóides	72,7	90,9	68,5	68,7	19,3	100,3	67,3	92,5	78,3	101,9	60,5	85,4
Invasoras	12	84	12,7	74,2	4,4	111,3	10,7	72,7	13,7	164	11	63,2
Remanescente	0,1	77,1	15,2	819	0,2	82,3	0,3	239,2	1,4	130	2,9	233
Solos expostos	25,2	209	5,6	57,1	5,4	141,8	25,2	173,9	12,7	99	28,3	227,2
Liana	5,4	85,6	5,5	40,4	1,1	67,6	6,4	78,6	5,4	83,6	3	51,9

exóticas agressivas, conforme proposto por Rodrigues *et al.* (2009), na fase de implantação da restauração, foi possível verificar que as intervenções realizadas na área estão promovendo a regeneração natural. O indicador - regenerantes - conseguiu detectar mudanças no ambiente, como aumento simultâneo da cobertura de regenerantes e dos remanescentes, bem como do aumento da cobertura de invasoras inversamente proporcional ao aumento dos regenerantes, como observado em todos os tratamentos. Van Stralen (1998) e Dale e Beyeler (2001) afirmaram que o sucesso de um indicador parte do princípio de se detectar mudanças ambientais em estágios iniciais.

O indicador regenerante demonstrou ser sensível às alterações do ambiente. De modo geral, houve aumento da cobertura de regenerantes em todos os tratamentos. Também foi possível detectar influências de bordas e de fragmentos de remanescentes próximos a algumas parcelas. De acordo com Dale e Beyeler (2001), os indicadores devem ser capazes de retratar o estado de um sistema ecológico, o que permite detectar e monitorar eventuais mudanças nesse sistema ao longo do tempo.

A cobertura de regenerantes no experimento de restauração foi facilmente mensurada e interpretada, com baixo custo para sua avaliação. A análise nos seis tratamentos partiu da observação da porcentagem de cobertura dos regenerantes, bem como de outras variáveis, o que gerou dados compreensíveis e sensíveis ao ambiente, ao detectar tendências, como o aumento da regeneração natural em 12 meses. A produção de valores para esses

dados poderá ser utilizada como referência em outras situações que analisam a ação da restauração.

Dessa forma, mesmo que tenha havido pequena resposta da regeneração natural neste primeiro ano de monitoramento, provavelmente, devido ao tipo de manejo dado na área antes da implantação do experimento de restauração, a porcentagem de cobertura de regenerantes foi um indicador eficiente e de fácil aplicação para se avaliar a fase inicial de plantios de restauração ecológica. A cobertura de regenerantes obteve nota máxima para os diferentes aspectos observados (sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade e tendência, escala e síntese) e, portanto, pode ser recomendada para se avaliar a trajetória dos experimentos de restauração, mesmo na fase de implantação.

## CONCLUSÕES

Houve pequena resposta da regeneração natural no primeiro ano de monitoramento, porém, foi possível detectar pequenas diferenças na porcentagem de cobertura dos regenerantes entre os tratamentos. A porcentagem de cobertura dos regenerantes pode ser considerada como potencial indicador do processo de restauração ecológica, mesmo na fase de implantação de projetos de restauração ecológica, pois se ajustou aos aspectos analisados: sensibilidade, resultabilidade, baixo custo, compreensão e interpretação, previsibilidade e tendência, escala e síntese.

## AGRADECIMENTOS

A Capes/Reuni pelo financiamento da bolsa de pós-graduação, ao CNPq pelo financiamento do projeto AquaRipária (proc.561944/2010-5) e a Embrapa Cerrados pelo apoio logístico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, L.B.; Aquino, F.G.; Costa, L.C.; Miranda, Z.J.G. e Sousa, S.R. (2013) - Espécies de *Melastomataceae* Juss. com potencial para restauração ecológica em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de mata ripária no bioma Cerrado. *Polibotânica*, vol. 35, p. 1-19.
- Anderson, M.L. (1953) - Plantación en grupos espaciados. *Unasylova*, vol. 7, p. 61-70.
- Aquino, C.; Barbosa, L.M.; Shirasuna, R.T. e Barnuevo, S. (2013) - Aspectos da regeneração natural e do estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas em área ciliar revegetada junto ao Rio Mogi-Guaçu, SP, Brasil. *Revista Hoehnea*, vol. 40, n. 3, p. 437-448. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062013000300004>
- Barreira, S.; Scolforo, J. R.; Botelho, S. A. e Mello, J. (2002) - Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um Cerrado sensu stricto para fins de manejo florestal. *Scientia Forestalis*, n. 61, p. 64-78.
- Bellotto, A., Viani, R.A.G., Nave, A.G., Gandolfi, S. e Rodrigues, R.R. (2009) - Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: Rodrigues, R.R.; Brancalion, P.H.S. e Isernhagen. (Orgs.) - Pacto pela restauração da mata atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, São Paulo, p.132-150.
- Bocchese, R.A.; Oliveira, A.K.M. de; Fávero, S.; Garnés, S.J. dos S.; Laura, V.A. (2008) - Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas a partir da utilização de árvores isoladas e poleiros artificiais por aves dispersoras de sementes, em área de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, vol. 16, n. 3, p. 207-213.
- Braun-Blanquet, J. (1979) - *Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, Ed. Blume, 821 p.
- Cortes, J.M. (2012) - *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*. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 89 p.
- Costa-Pereira, P.S. (2009) - *Análise multitemporal do comportamento estrutural e espectral da regeneração do cerrado sensu-stricto*. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. 74 p.
- Dale, V.H. e Beyeler, S.C. (2001) - Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, vol. 1, p. 3-10.
- Ferreira, W.C.; Botelho, S.A.; Davide, A.C. e Faria, J.M.R.F. (2009) - Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Ciência Florestal*, vol. 19, n. 1, p. 69-81.
- Grombone-Guaratini, M. T. e Rodrigues, R. R. (2002) - Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 18, n. 5, p.759-774. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467402002493>
- Guariguata, M.R. e Ostertag, R. (2001) - Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, vol. 148, p. 185-206. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00535-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00535-1)
- Guevara, S.; Purata, S.E. e Van Der Maarel, E. (1986) - The role of remnant trees in tropical secondary succession. *Vegetatio: Acta Geobotanica*, vol. 66, p. 77-84.
- Hobbs, R.J. e Harris, J.A. (2001) - Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, vol. 9, n. 2, p. 239-246. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>
- INMET (2014) - Instituto Nacional de Meteorologia [cit. 2014.01.13] <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.
- Lieberman, D. (1996) - Demography of tropical tree seedlings: a review. 1996. In: Swaine, M.D. (Ed.) - *The ecology of tropical forest tree seedlings*. Paris, Unesco, p. 131-138.

- Manoliadis, O.G. (2002) - Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators*, vol. 2, n. 1/2, p. 169-176. [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00040-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00040-7)
- Martins, C.R.; Leite, L.L. e Haridasan, M. (2004) - Capim-gordura (*Melinis minutiflora*), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. *Revista Árvore*, vol. 28, n. 5, p. 739-747. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000500014>
- Metzger, J.P. e Casatti, L. (2006) - Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. *Biota Neotropica*, vol. 6, n. 2, p 1-23.
- Nave, A.G. e Rodrigues, R.R. (2007) - Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: Rodrigues, R.R., Martins, S.V. e Gandolfi, S. (Eds.) - *High diversity forest restoration in degraded areas: Methods and projects in Brazil*. New York, Nova Science Publishers. p. 103-126.
- Reatto, A., Correia, J.R., Spera, S.T. e Martins, E.S. (2008) - Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. e Ribeiro, J.F. (eds.). - *Cerrado: ecologia e ora*. Embrapa CPAC. Planaltina, DF. p. 109 – 149.
- Reis, A.; Zambonim, R.M.; Nakazono, E.M. (1999) - Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. *Série Cadernos da Biosfera*, n. 14, p. 1-42.
- Reis, A.; Bechara, F.C.; Espíndola, M.B.; Vieira, N.K. e Souza, L.L. (2003) - Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza e Conservação*, vol. 1, n. 1, p. 28-36.
- Reis, A.; Tres, D.R. e Scariot, E.C. (2007) - Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. *Pesquisa Florestal Brasileira*, vol. 55, p. 67-73.
- Ribeiro, J.F. e Walter, B.M.T. (2001) - As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. e Sousa-Silva, J.C. (Eds) - *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 899p.
- Rigueira, D.M.G. e Neto, E.M. (2013) - Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. *Revista Caititu*, vol. 1, n. 1, p. 73-88.
- Rodrigues, R.R.; Brancalion, P.H.S. e Isernhagen, I. (2009) - *Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, São Paulo. Brasil. 264 p.
- Rodrigues, R.R.; Gandolfi, S. e Kageyama, P.Y. (2011) - Large-scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, vol. 261, n. 10, p.1605-1613. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.005>
- Sano, S.M.; Almeida, S.P. e Ribeiro, J.F. (2008) - *Cerrado: Ecologia e Flora*. vol.1. 1ª ed., Planaltina, DF, Editora da Embrapa Cerrados, 1279 p.
- Scoriza, R.N. (2009) - *Serrapilheira como indicador ambiental aplicado na avaliação de fragmentos florestais em Sorocaba*. Monografia de conclusão de curso (Universidade Federal de São Carlos) - Sorocaba. 87 p.
- SEGIP - THE STATE ENVIRONMENTAL GOALS AND INDICATORS PROJECT (1995) - Evaluation criteria. In: Bergquist, G. (Ed.) - *Prospective indicators for state use in performance agreements*. Management, Florida, p. 6-7.
- Souza, F.M. e Batista, J.L.F. (2004) - Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *Forest Ecology and Management*, vol. 191, n. 1-3, p. 185-200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.006>
- Suganuma, M.S. e Durigan, G. (2015). Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, vol. 23, n. 3, p. 238–251. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12168>
- Van Straalen, N.M. (1998) - Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, vol. 9, n. 1, p. 429-437. [http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00101-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00101-2)
- Viani, R.A.G. e Rodrigues, R.R. (2008) - Impacto da remoção de plântulas sobre a estrutura da comunidade regenerante de Floresta Estacional Semidecidual. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 22, n. 4, p. 1015-1026. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000400012>