

Crescimento de mudas de espécies nativas na restauração ecológica de matas ripárias

Native species seedling growth in the ecological restoration of riparian forest

Pedro Augusto Fonseca Lima^{1*}
pedrofons@gmail.com

Alcides Gatto¹
alcidesgatto@unb.br

Lidiamar Barbosa
de Albuquerque²
lidiamar.albuquerque@embrapa.br

Juaci Vitoria Malaquias²
juaci.malaquias@embrapa.br

Fabiana de Gois Aquino²
fabiana.aquino@embrapa.br

Resumo

Este trabalho avaliou o processo de restauração ecológica por meio do monitoramento da altura das mudas de espécies nativas do Cerrado e dos fatores que afetam o seu crescimento, em área de mata ripária em processo de restauração. Calculou-se o padrão de crescimento das espécies com a média das alturas, gerando modelos de regressão linear, testados com ANOVA e comparados pelo teste de verossimilhança. Analisou-se a média das frequências da herbivoria foliar e caulinar e da ausência de folhas (predação, desidratação ou desnutrição), por meio da análise de agrupamento (método Ward), como possíveis fatores que influenciam no crescimento. O crescimento médio das 13 espécies foi de 50,39 cm.ano⁻¹, variando de 15,5 cm.ano⁻¹ a 100,1 cm.ano⁻¹. Das treze espécies, oito apresentaram crescimento acima de 40 cm.ano⁻¹, com potencial para recuperação de áreas degradadas. Cinco espécies apresentaram diferenças significativas para as equações lineares de crescimento em altura: *Calophyllum brasiliense*, *Croton urucurana*, *Inga laurina*, *Myrsine guianensis* e *Tibouchina stenocarpa*. As possíveis interações do crescimento com os fatores (herbivoria caulinar, herbivoria foliar e ausência de folhas) resultaram na formação de dois grupos de espécies. Dentre os fatores avaliados, no geral, as espécies de ambos os grupos apresentaram maior herbivoria foliar. A herbivoria foliar e a ausência de folhas afetaram diferentemente os dois grupos, o que pode indicar suscetibilidade distinta entre espécies à herbivoria. A avaliação dos fatores que interferem no crescimento de mudas pós-plantio pode auxiliar no manejo adaptativo de áreas em processo de restauração.

Palavras-chave: herbivoria foliar e caulinar, altura, recuperação de áreas degradadas, mata galeria.

Abstract

This study evaluates the process of ecological restoration by monitoring the height of seedlings of native species in the Cerrado and the factors that affect their growth in riparian forest restoration. The growth pattern of the species were calculated with the average heights, generating linear regression models tested with ANOVA and compared by the likelihood test. The average of the frequencies of leaf herbivory, stem herbivory and absence of sheets (predation, dehydration and malnutrition) was analyzed by cluster analysis (Ward method) as possible factors that influence the growth. The average growth of 13 species was 50.39 cm.year⁻¹, ranging from 15.5 cm.year⁻¹ to 100.1 cm.year⁻¹. Of the thirteen species, eight had growth above 40 cm.year⁻¹, with potential to recover degraded areas. Five species showed significant differences in the linear equations of growth: *Calophyllum brasiliense*, *Croton urucurana*, *Inga laurina*, *Myrsine guianensis* and *Tibouchina stenocarpa*. Possible interactions with growth factors (leaf herbivory, stem herbivory and no leaves) resulted in the formation of two groups of species. Among the factors evaluated, overall, the species of both groups had higher leaf herbivory. The leaf herbivores and the absence of leaves affected the two groups differently, which may indicate susceptibility of

¹ Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal. Faculdade de Tecnologia, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Asa Norte, Caixa Postal 4357, 70904-970, Brasília, DF, Brasil.

² Embrapa Cerrados, BR-020, km 18, Caixa Postal 08223, 73310-970, Planaltina, DF, Brasil.

* Autor para correspondência.

different species from herbivores. The evaluation of the factors that interfere with growth after planting seedlings can help in adaptive management of areas in restoration process.

Keywords: leaf herbivory, stem herbivory, height, recovery of degraded land, gallery forest.

Introdução

As matas ripárias são formações vegetacionais que margeiam os corpos d'água e que, por isso, apresentam certas particularidades florísticas em função da regulação do fluxo de água, de sedimentos e de nutrientes (Gonçalves *et al.*, 2005). Como essa vegetação está sujeita a alta pressão de uso urbano e agrícola, é essencial a busca de informações referentes à restauração ecológica de áreas degradadas, garantindo a manutenção da biodiversidade (Felfili *et al.*, 2000) e dos processos ecológicos (Gênova *et al.*, 2007). A restauração ecológica busca gerar estabilidade e integridade biológica aos ecossistemas naturais (Engel e Parrota, 2003), visando proporcionar o reestabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes nos sistemas naturais (Dias e Griffith, 1998; Barbosa, 2006).

É essencial que os projetos de restauração avaliem parâmetros que possam descrever a trajetória do processo de restauração (Matthews *et al.*, 2009) e, por conseguinte, possibilitem, ao longo do tempo, medir o sucesso da restauração (Aronson *et al.*, 1995; Block *et al.*, 2001), para oferecer maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos, bem como a comparação entre projetos (Manoliadis, 2002; Rodrigues e Gandolfi, 2004). Alguns indicadores para avaliar o processo de restauração foram recomendados por Rodrigues *et al.* (2009) e SEMA (2009) para a fase de implantação, tais como: taxa de mortalidade, presença e frequência de espécies invasoras, riqueza de espécies, densidade de indivíduos e avaliação do crescimento em altura das mudas plantadas.

O crescimento em altura das mudas deve ser considerado como parte do acompanhamento da restauração estrutural do ecossistema (Rigueira e Neto, 2013). A análise do crescimento de espécies nativas tem sido realizada por diversos autores no Cerrado (Melo, 2006; Duboc e Guerrini, 2007; Silva, 2007; Antezana, 2008; Moura, 2008; Silva e Correa, 2008; Starr, 2009; Porto, 2012; Cortes, 2012; Oliveira *et al.*, 2015).

Pode-se afirmar que a variação da resposta quanto ao crescimento é consequência dos fatores ambientais locais e/ou fatores genéticos de cada espécie e/ou indivíduo (Botelho *et al.*, 1996). Alguns fatores que afetam a sobrevivência e o crescimento das mudas são: competição entre espécies nativas e gramíneas exóticas (Ferreira *et al.*, 2010), herbivoria (Odum, 1988), estresse hídrico (White, 1984; Coley e Barone, 1996; Almeida e Sanchez, 2005; Duboc, 2005) e carência de nutrientes (Gullan e Cranston, 2007). Outro fator extremamente importante na determi-

nação da taxa de sobrevivência, logo em seu crescimento, é o histórico de degradação da área (Melo, 2006).

O crescimento em altura das mudas e a identificação dos fatores que influenciam o desempenho das espécies, sobretudo na fase inicial da restauração, (Rigueira e Neto, 2013), possibilitam avaliar o desenvolvimento desse processo ao longo do tempo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de restauração ecológica por meio do monitoramento da altura das mudas de espécies nativas do Cerrado e dos fatores que afetam o seu crescimento em área de mata ripária em processo de restauração (fase de implantação) no Distrito Federal.

Material e métodos

Área de estudo

O Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL), pertence à Embrapa Cerrados e ocupa uma área de 194 hectares no Núcleo Rural Ponte Alta, no Gama, Distrito Federal, Brasil (15°56'57,27"S e 48°07'28,24" W). No Distrito Federal, a temperatura média anual é cerca de 21°C, com os meses mais quentes registrados em: setembro (23,11°C) e outubro de 2012 (22,91°C); e os mais frios: maio (19,01°C) e julho (19,04°C). A média anual de pluviosidade é de cerca de 1.600 mm. Os meses mais chuvosos foram: de janeiro a março de 2012, novembro de 2012 e janeiro de 2013; e os mais secos: de junho a agosto de 2012 (INMET, 2014).

A área experimental possui 2,56 ha, localizada na margem direita do Córrego Ponte Alta, dentro da faixa de preservação permanente. Essa faixa é limitada por pastagem e por fragmentos remanescentes de mata ripária.

A área apresenta três tipos de solos: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos de textura argilosa, e o Cambissolo distrófico lítico, com textura média (Reatto, 2013). A altitude é de aproximadamente 960 m. O clima é do tipo Aw, segundo Köppen, com verão úmido e chuvoso (outubro a abril) e inverno seco e relativamente frio (maio a setembro), seguindo as características do Bioma Cerrado.

Experimento de restauração ecológica

Foram selecionadas 18 espécies nativas do Bioma Cerrado (Tabela 1) para o plantio experimental. A seleção das espécies baseou-se na ocorrência natural na região e nas características ecológicas (p. ex.: produção de flores e frutos atrativos à fauna) (Albuquerque *et al.*, 2013).

Tabela 1. Espécies nativas e número de mudas distribuídas em três tratamentos (T) em experimento de restauração ecológica de mata ripária, Córrego Ponte Alta, Gama – DF, Brasil, em 2012. Tratamentos: T1 = plantio em ilhas; T2 = plantio em ilhas consorciado com poleiros e T3 = plantio em linhas de recobrimento e de diversidade.

Table 1. Native species and number of seedlings distributed in three treatments (T) in ecological restoration experiment of riparian forest, Córrego Ponte Alta, Gama – DF, Brazil, in 2012. Treatments: T1 = nucleation; T2 = nucleation+perches; T3 = coverage line and diversity line.

Espécie – Nome científico	Nome comum	T1	T2	T3	Total
<i>Alibertia macrophylla</i> K.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 langsdorffii</i> DESF.	Copaíba	-	-	3	3
<i>Croton urucurana</i> BAILL.	Sangra d'água	6	-	18	24
<i>Cybistax antisiphilitica</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.) WILD.	Ingá da mata	-	-	18	18
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.DON EXSTEUD.	Amoreira	-	6	-	6
<i>Miconia ibaguensis</i> (BONPL.) TRIANA	Quaresmeirinha	150	78	9	237
<i>Myrsine guianensis</i> (AUBL.) 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
Total					717

O plantio experimental, estabelecido em dezembro de 2011, foi composto por três tratamentos, com três repetições, distribuídos aleatoriamente em nove parcelas independentes. Os tratamentos foram: (i) plantio em ilhas (cinco mudas adensadas); (ii) plantio em ilhas + poleiros; e (iii) plantio em linhas de recobrimento (espécies de boa cobertura e crescimento rápido) e de diversidade (diversidade de espécies e de formas de vida) (Tabela 2). O foco do presente trabalho foi a avaliação do crescimento em altura das mudas após um ano de plantio (fase de implantação), e não a avaliação entre os tratamentos.

A manutenção do experimento, ao longo do primeiro ano, consistiu em coroamento das mudas e controle de formigas cortadeiras, que foi realizado com iscas formicidas granuladas aplicadas conforme recomendações técnicas do produto. O controle de formigas foi aplicado em toda a área, ou seja, se houve interferência, esta ocorreu na área como um todo. O controle de formigas cortadeiras é preconizado nos manuais de restauração ecológica.

Coleta e análises dos dados: crescimento em altura

As medidas de altura foram efetuadas com trena métrica (m), medindo-se a partir do coleto até a gema apical da planta. O primeiro monitoramento foi realizado em janeiro de 2012 (marco zero), e o crescimento em altura foi determinado no período de aproximadamente 12 meses (348 dias).

Para analisar o padrão de crescimento de cada espécie, foram calculadas as médias da altura, com a finalidade de gerar modelos de regressão linear. Assim, foi possível obter, através de modelo de equação linear ($y = a + b.x$), as equações de crescimento para cada espécie em cm.dia^{-1} . Para o cálculo do índice anual, o valor da variável dependente (x) foi multiplicado por 365 dias (cm.ano^{-1}), onde: y = variável dependente; a = intercepto; b = coeficiente angular; x = variável independente (representa dias).

Utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) para medir a proporção de verificação de “y”, que é “explicada” pela regressão. Utilizou-se o teste t para verificar a significância estatística dos coeficientes estimados para as variáveis independentes ao nível de significância de 5%. Análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificação da existência do modelo de regressão linear. Os modelos foram comparados pelo teste da razão de verossimilhança, com aproximação dada pela estatística F, através do *software* SAS (*Statistical Analysis System*).

Coleta e análises dos dados: fatores x crescimento

Para avaliar alguns fatores que podem ter influenciado no crescimento das mudas, foram registradas: a herbivoria foliar, a herbivoria caulinar e a ausência de folhas (predação, desidratação ou desnutrição). A incidência desses fatores foi estimada no período de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, com três monitoramentos. A percentagem de

Tabela 2. Tratamentos aplicados na área experimental de mata ripária, Córrego Ponte Alta, Gama (DF).
Table 2. Treatments applied in the experimental area of riparian forest, Córrego Ponte Alta, Gama (DF).

Tratamento	Tamanho da parcela	Número de ilhas/ parcela	Número de mudas/ parcela	Espaçamento	Número de espécies
T1: Plantio em ilhas ¹	30 x 30 m	25	125	1 m entre mudas e 5 m entre ilhas	12
T2: Plantio em ilhas consorciado com poleiros ¹	30 x 30 m	13	65	1 m entre mudas e 5 m entre ilhas e poleiros	8
T3: Plantio em linhas de recobrimento e diversidade ²	21 x 21 m	-	49	3 m entre mudas e entre linhas	15

Notas: (1) Anderson (1953) e Reis *et al.* (2003); (2) Rodrigues *et al.* (2009).

incidências desses fatores foi obtida a partir das médias de frequência dos três monitoramentos. Foi realizada a análise de agrupamento pelo *software* SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 19.0, a partir do método Ward (Ward, 1963) para o indicador crescimento em altura com os fatores avaliados. Após a identificação do conjunto de grupos para o crescimento em altura, os resultados dos fatores foram submetidos à ANOVA no *software* SPSS.

A sequência dos agrupamentos foi representada graficamente por um dendrograma. O ponto de corte foi estabelecido conforme Albuquerque *et al.* (2006), dividindo-os com uma estatística descritiva de 50% da distância de Mahalanobis máxima de fusão, para determinar o número de grupos.

Resultados

Crescimento em altura

Dentre as 18 espécies monitoradas, cinco não foram analisadas, por não apresentarem aumento em altura.

O crescimento médio das 13 espécies foi de 50,39 cm.ano⁻¹, variando de 15,5 cm.ano⁻¹ a 100,1 cm.ano⁻¹. Das treze espécies, oito apresentaram crescimento acima de 40 cm.ano⁻¹: *Croton urucurana* BAILL. (100,1 cm.ano⁻¹), *Tibouchina stenocarpa* (DC.) COGN. (96,9 cm.ano⁻¹), *Inga laurina* (Sw.) WILLD. (67,9 cm.ano⁻¹), *Tapirira guianensis* AUBL. (57,7 cm.ano⁻¹), *Myrsine guianensis* (AUBL.) KUNTZE (55,3 cm.ano⁻¹), *Cariniana estrellensis* (RADDI) KUNTZE (52,8 cm.ano⁻¹), *Calophyllum brasiliense* CAMBESS (49,0 cm.ano⁻¹) e *Buchenavia tomentosa* EICHLER (44,2 cm.ano⁻¹), demonstrando potencial das espécies em recuperação de áreas degradadas (Tabela 3).

A partir das análises das equações lineares para o crescimento em altura das 13 espécies, foi possível avaliar que cinco apresentaram valores significativos (Tabela 3), a saber: *C. brasiliense*, *C. urucurana*, *I. laurina*, *M. guianensis* e *T. stenocarpa*. Os valores significativos indicaram uma tendência ao crescimento linear para essas espécies. Os valores não significativos indicaram que a equação linear pode não ser a mais adequada para expressar o crescimento das espécies.

Tabela 3. Crescimento em altura das espécies vegetais no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, no período de 348 dias, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brasil. (*) Diferença significativa entre os ajustes da regressão pelo teste F, p < 0,05%.

Table 3. Height growth of species in ecological restoration experiment of riparian forests, the 348-day period, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brazil. (*) Significant difference between the settings of regression by test F, p < 0.05%.

Espécie	Equação de crescimento	R ²	F	P	Crescimento em altura (cm/ano)
<i>Alibertia macrophylla</i> K. SCHUM.	y = 20,5 + 0,03.dias	0,99	151,19	0,05	31,4
<i>Buchenavia tomentosa</i> EICHLER	y = 36,9 + 0,02.dias	0,97	37,23	0,10	44,2
<i>Cariniana estrellensis</i> (RADDI) KUNTZE	y = 49,2 + 0,01.dias	0,96	25,70	0,12	52,8
<i>Calophyllum brasiliense</i> CAMBESS	y = 27,1 + 0,06.dias*	0,99	292,55	0,03*	49,0
<i>Croton urucurana</i> BAILL	y = 85,52 + 0,04.dias*	0,99	572,62	0,02*	100,1
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (MART. EX DC.) MATTOS	y = 14,2 + 0,02.dias	0,99	134,80	0,05	21,5
<i>Handroanthus serratifolius</i> (VAHL) S. O. GROSE	y = 14,6 + 0,03.dias	0,88	8,01	0,21	25,5
<i>Inga laurina</i> (Sw.) WILLD.	y = 31,4 + 0,10.dias*	0,99	3553,59	0,01*	67,9
<i>Miconia ibaguensis</i> (BONPL.) TRIANA	y = 15,4 + 0,06.dias	0,98	93,90	0,06	37,3
<i>Myrsine guianensis</i> (AUBL.) KUNTZE	y = 33,4 + 0,06.dias*	0,99	256,84	0,03*	55,3
<i>Tapirira guianensis</i> AUBL.	y = 32,2 + 0,07.dias	0,95	20,13	0,13	57,7
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) COGN	y = 71,43 + 0,07.dias*	0,99	1173,63	0,01*	96,9
TOTAL					50,39

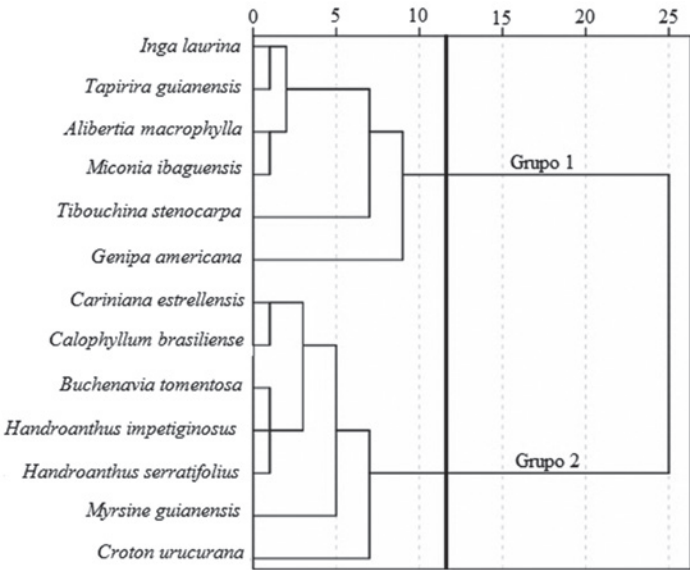


Figura 1. Análise de agrupamento dos fatores (herbivoria foliar, herbivoria caulinar, ausência de folhas) e do crescimento das mudas/espécie no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brasil.
Figure 1. Cluster analysis of factors (leaf herbivory, stem herbivory, no leaves) and the growth of seedlings/species in ecological restoration experiment of riparian forests, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brazil.

Tabela 4. Comparação dos fatores (herbivoria foliar, herbivoria caulinar, ausência de folhas) e do crescimento das mudas/espécie entre os grupos extraídos da análise de agrupamento no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brasil. (*) Diferença significativa entre as médias dos grupos pelo teste ANOVA, $p < 0,05$.
Table 4. Comparison of factors (leaf herbivory, stem herbivory, no leaves) and the growth of seedlings/species between the groups extracted of cluster analysis in ecological restoration experiment of riparian forests, Córrego Ponte Alta, Gama (DF), Brazil. (*) Significant difference between the means by test ANOVA, $p < 0.05$.

Fatores	Grupo 1 (n = 6)	Grupo 2 (n = 7)	p
Herbivoria foliar	31,96 ± 5,54	12,84 ± 4,37	0,0001*
Herbivoria caulinar	6,24 ± 6,46	9,16 ± 4,97	0,377
Ausência de folhas	2,00 ± 1,71	8,67 ± 1,84	0,0001*
Crescimento	51,11 ± 29,22	49,77 ± 25,79	0,931

Fatores x crescimento

As possíveis interações do crescimento (cm.ano⁻¹) com os fatores (herbivoria foliar, herbivoria caulinar e ausência de folhas), por meio de análise de agrupamento, resultou na formação de dois grupos (Figura 1 e Tabela 4). Dentre os fatores avaliados, no geral, as espécies de ambos os grupos formados apresentaram maior herbivoria foliar comparada à herbivoria caulinar e à ausência de folhas. A herbivoria foliar e a ausência de folhas afetaram diferentemente os dois grupos de espécies formados.

As espécies pertencentes ao grupo 1 foram mais afetadas pela herbivoria foliar (31,96%), significativamente maior, em relação ao grupo 2. As espécies que estão nesse grupo são: *I. laurina*, *Tapirira guianensis* AUBL., *Alibertia macrophylla* K.SCHUM., *Miconia ibaguensis* (BONPL.) TRIANA, *T. stenocarpa* e *Genipa americana* L.

Ainda comparando entre os grupos, as espécies pertencentes ao grupo 2 apresentaram maior ausência de folhas (8,67%), significativamente maior, em relação ao grupo 1. As espécies que estão nesse grupo são: *Cariniana estrellensis* (RADDI) KUNTZE, *C. brasiliense*, *B. tomentosa*, *Handroanthus serratifolius* (VAHL) S. O. GROSE, *Handroanthus impetiginosus* (MART. EX DC.) MATTOS, *M. guianensis* e *C. urucurana* (Tabela 4).

Discussão

Nos projetos de restauração ecológica que envolvem essencialmente o plantio de mudas, o crescimento delas é fator primordial para potencializar o processo de cobertura do solo e a competição com plantas invasoras. O crescimento em altura é bastante variável entre as espécies. Em estudo de recuperação de áreas degradadas no Cerrado do

Distrito Federal, Oliveira *et al.* (2015) registraram variação no aumento de altura ao analisar 21 espécies. Em um ano de avaliação, o menor aumento foi da *Ormosia tipularis* DUCKE (2,7 cm.ano⁻¹), e o maior, de *Solanum lycocarpum* A. ST.-HIL (58,1 cm.ano⁻¹). Algumas espécies analisadas no presente trabalho também foram analisadas por Oliveira e Ribeiro (2005), tais como: *T. stenocarpa* (11,2 cm.ano⁻¹) e *Copaifera langsdorffii* DESF. (6,3 cm.ano⁻¹)

Em outro estudo de recuperação de áreas degradadas no Cerrado no Distrito Federal, com duração de 22 meses, Silva (2007) encontrou menor aumento para *Dypterix alata* VOG. (0,5 cm) e maior para *Anadenanthera macrocarpa* (BENTH.) BRENNAN (36 cm). Outras espécies utilizadas por Silva (2007) também estão presentes neste trabalho: *T. stenocarpa* (24,5 cm) e *C. langsdorffii* (7,0 cm). Outros trabalhos também registraram variação no crescimento em altura de espécies do Cerrado (Venturoli *et al.*, 2013; Pereira e Rodrigues, 2012). A variação no crescimento inicial em altura de espécies nativas do Cerrado pode estar relacionada a diversos fatores endógenos e exógenos. Por isso, é difícil estabelecer uma faixa de variação de crescimento considerada ótima para determinadas espécies.

Neste trabalho, oito espécies apresentaram crescimento acima de 40 cm/ano, o que pode ser considerado satisfatório para a restauração. Esse dado pode indicar que a fase inicial do projeto de restauração em questão pareceu satisfatória, pois a maioria das espécies obteve crescimento positivo. As equações lineares determinadas para cada espécie, com altos níveis de correlação, indicaram que essas equações podem ser utilizadas, depois de validadas para outras áreas similares, como referência para outros projetos de restauração em matas ripárias do Cerrado que utilizam o indicador crescimento em altura para avaliação do experimento. Ou seja, com essas equações, é possível estimar, em certo período de tempo, o crescimento esperado para cada espécie. Se o crescimento estiver abaixo do esperado, será possível intervir no projeto para que maximize as chances de sucesso. Van Stralen (1998) afirmou que a percepção dos ganhos ambientais nos estágios iniciais de plantio garante o sucesso de um projeto de restauração.

Mesmo que seja esperado que as espécies nativas possuam bom estabelecimento e crescimento quando introduzidas em áreas degradadas de ambientes similares (Felfili *et al.*, 2005), Viani e Rodrigues (2008) afirmaram que existem certas interações com o ambiente que podem influenciar no crescimento das plantas, dentre elas, a herbivoria.

A alta frequência de herbivoria foliar nas espécies estudadas pode ter influenciado no crescimento, uma vez que as folhas são essenciais para a fotossíntese e a respiração da planta. Frequências de herbivorias também foram relatadas por Pilon e Durigan (2013) em estudo de restauração do Cerrado em 27% do total das espécies. De acordo

com Begon *et al.* (1996) e Crawley (1997) o impacto da herbivoria depende do porte da planta consumida, da intensidade e frequência do ataque, ocorrendo a redução do crescimento e afetando a reprodução das plantas.

Dentre as espécies do grupo 1 (*I. laurina*, *T. guianensis*, *A. macrophylla*, *M. ibaguensis*, *T. stenocarpa* e *G. americana*), que sofreram alta frequência de herbivoria foliar, está *M. ibaguensis*. Essa espécie é classificada como pioneira e, ao contrário do encontrado no estudo, esperava-se que tivesse bom crescimento. Os resultados indicaram que a herbivoria afetou seu crescimento. Em projetos de restauração, a escolha adequada das espécies é fundamental para acelerar o processo de restauração ecológica. Algumas espécies-chave podem servir de gatilhos ecológicos de forma a potencializar, por exemplo, o fluxo gênico dos organismos e, conseqüentemente, aumentar a conectividade da paisagem e a resiliência do ecossistema (Reis *et al.*, 2007). Como exemplo, algumas espécies arbustivas da família Melastomataceae têm alto potencial de restaurabilidade, uma vez que florescem e frutificam precocemente, atraem polinizadores e dispersores de sementes para a área a ser restaurada, aumentando as chances de encontros interespecíficos, além de apresentarem desenvolvimento rápido, propiciando a ativação de processos ecológicos (Albuquerque *et al.*, 2013).

A espécie *I. laurina* também sofreu com herbivoria foliar, mas apresentou crescimento acima de 40 cm.ano⁻¹. O crescimento dessa espécie pode estar associado à adaptação da espécie aos solos de baixa fertilidade, como é o caso da área estudada. Os valores encontrados para *I. laurina* foram similares aos observados por Venturoli *et al.* (2013) e Souto (2013) no Cerrado, no Distrito Federal. Espécies com capacidade de superar alguns filtros bióticos e abióticos, como pareceu ser o caso da *I. laurina*, são altamente recomendadas para os plantios de restauração.

A ausência de folhas, o que diferenciou o grupo 2, pode ter sido por predação (formigas cortadeiras), desidratação ou deficiência nutricional. Embora as formigas cortadeiras sejam parte da fauna nativa e sejam elementos chave em determinados processos ecológicos, em ecossistemas em restauração, o ataque desfolhante repetido nas plantas ocasiona perdas nas mudas plantadas na fase inicial (Ferreira *et al.*, 2013). Também é possível afirmar que os insetos desfolhadores podem agir como reguladores do crescimento em altura da planta, podendo reduzir a capacidade de crescimento (Zanetti *et al.*, 2000).

Para Venturoli *et al.* (2013), a diferença no aumento da altura entre espécies é um indicio de que algumas podem possuir mecanismos funcionais para tolerar a estação seca da região. Carvalho (2009) sugeriu que os mecanismos de tolerância à estação seca vêm do acúmulo de água em estruturas como xilopódios e no tronco das plantas e que a perda das folhas é uma forma de tolerar o déficit hídrico no solo. Em estudo realizado no Cerrado do Distrito Fede-

ral, Venturoli *et al.* (2013) concluíram que as espécies de matas de galeria (ambientes úmidos e secos), Cerrado e florestas estacionais (ambientes secos) apresentam mecanismos para tolerar a seca.

De acordo com Haridasan (2005), a restrição nutricional e hídrica de uma área é considerada uma das principais barreiras ao estabelecimento de espécies vegetais em ambientes naturais. A ausência de folhas registrada no presente trabalho pode ter sido causada pelas restrições nutricionais, e seria importante, no futuro, avaliar tais fatores.

Apesar de não existir recomendações padronizadas para monitoramento de indicadores (Rigueira e Neto, 2013), o parâmetro crescimento em altura e os fatores associados ao crescimento permitem avaliar as características estruturais da vegetação e podem auxiliar a prever o processo de sucessão na área objeto da restauração.

Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas e pelo financiamento do projeto AquaRipária (proc.561944/2010-5) e a Embrapa Cerrados pelo apoio logístico.

Referências

- ALBUQUERQUE, L.B.; AQUINO, F.G.; COSTA, L.C.; MIRANDA, Z.J.G.; 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*, **35**:1-19.
- ALBUQUERQUE, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; SANTOS, E.S.; STOSIC, B.; SOUZA, A.L. 2006. Estabilidade em análise de agrupamento: estudo de caso em ciência florestal. *Árvore*, **30**(2):257-265. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200013>
- ALMEIDA, R.O.P.O.; SANCHEZ, L.E. 2005. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. *Árvore*, **29**(1):47-54. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100006>
- ANDERSON, M.L. 1953. Pantación en grupos espaciados. *Unasylva*, **7**(2):61-70.
- ANTEZANA, F.L. 2008. *Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina - DF*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 84 p.
- ARONSON, J.; FLORET, C.; LE FLOC'H, E.; OVALLE, C.; ROGER, P. 1995. Restoration and rehabilitation des ecosystems dégradés en zones arides et semi-arides. Lê vocabulaire et lês concepts. In: R. PONTANIER; A. M'HIRI; N. AKRIMI; J. ARONSON; E. LE FLOC'H (org.), *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?*. Paris, John Libbey Eurotext, p. 11-29.
- BARBOSA, L.M. 2006. *Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas ciliares do interior paulista*. São Paulo, Instituto de Botânica, 128 p.
- BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D.J. 1996. *Population Ecology: A unified study of animals and plants*. Oxford, Blackwell, 247 p. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444313765>
- BLOCK, W.M.; FRANKLIN, A.B.; WARD, J.P.; GANEY, J.L.; WHITE, G.C. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology*, **9**(3):292-303. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009003293.x>
- BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. 1996. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de minas gerais. *Revista Cerne*, **2**(1):4-13.
- CARVALHO, F.A. 2009. *Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central*. Brasília, DF. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 134 p.
- COLEY, P.D.; BARONE, J.A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **27**:305-335. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.27.1.305>
- 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*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 89 p.
- CRAWLEY, M.J. 1997. Plant-Herbivores Dynamics. In: M.J. CRAWLEY (org.), *Plant Ecology*. Oxford, Blackwell, p. 401-474.
- DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. 1998. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: L.E. DIAS; J.W.V. MELLO (org.), *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 1-7.
- DUBOC, E. 2005. *Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado*. Jaboticabal, SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, 151 p.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I.A. 2007. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta a fertilização. *Energia Agrícola*, **22**(1):42-60.
- ENGEL V.L.; PARROTTA J.A. 2003. Definindo a Restauração Ecológica: Tendências e Perspectivas Mundiais. In: P.Y. KAGEYAMA; R.E. OLIVEIRA; L.F.D. MORAES (org.), *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 1-26.
- FELFILI, J.M.; RIBEIRO, F.J.; FAGG, C.W.; MACHADO, J.W. 2000. *Recuperação de Matas de Galeria*. Brasília, Embrapa Cerrados: Série Documentos 21, 45 p.
- FELFILI, J.M.; SOUSA-SILVA, J.C.; SCARIOT, A. 2005. Biodiversidade ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: A. SCARIOT; J. SOUSA-SILVA; J.M. FELFILI (org.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 25-44.
- FERREIRA, B.Z.; GARCIA, J.M.; TOREZAN, J.M.D.; DURIGAN, G. 2013. Controle de formigas cortadeiras em plantios de restauração. In: G. DURIGAN; V.R. RAMOS (org.), *Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas*. São Paulo, Instituto Florestal, p. 1-49.
- FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; FERREIRA, D.F. 2010. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos. *Revista Árvore*, **34**(4):651-660. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000400009>
- GÊNOVA, K.B.; HONDA, E.A.; DURIGAN, G. 2007. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. *Revista do Instituto Florestal*, **19**:189-200.
- GONÇALVES, R.M.G.; GIANNOTTI, E.; GIANNOTTI, J.D.G.; SILVA, A. 2005. Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando a restauração ecológica da microbacia do córrego da fazenda Itaqui, no Município de Santa Gertrudes, SP. *Revista do Instituto Florestal*, **17**(1):73-95.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. 2007. *Os insetos: um resumo de entomologia*. São Paulo, Roca, 456 p.
- HARIDASAN, M. 2005. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: A. SCARIOT; J. SOUSA-SILVA; J.M. FELFILI (org.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 167-178.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/climato/mapclima.html>. Acesso em: 13/01/2014.

- MANOLIADIS, O.G. 2002. Development of ecological indicators – a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators*, **2**(1-2):169-176.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00040-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00040-7)
- MATTHEWS, J.W.; PERALTA, A.L.; FLANAGAN, D.N.; BALDWIN, P.M.; SONI, A.; KENT, A.D.; ENDRESS, A.G. 2009. Relative influence of landscape vs. Local factors on plant community assembly in restored wetlands. *Ecological Applications*, **19**(8):2108-2123.
<http://dx.doi.org/10.1890/08-1836.1>
- MELO, V.G. 2006. *Uso de espécies nativas do bioma Cerrado na recuperação de área degradada de Cerrado sentido restrito, utilizando lodo de esgoto e adubação química*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 96 p.
- MOURA, A.C.C. 2008. *Recuperação de áreas degradadas no Ribeirão do Gama o envolvimento da comunidade do núcleo hortícola de Vargem Bonita*. DF. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 125 p.
- ODUM, E.P. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 201 p.
- OLIVEIRA, F.F.; RIBEIRO, J.F. 2005. Sobrevivência e crescimento de espécies de Cerrado e de floresta em área de Cerrado degradado em Brasília, DF. In: Congresso Nacional de Botânica, 56, Curitiba, 2005. *Anais...* Curitiba.
- OLIVEIRA, M.C.; RIBEIRO, J.F.; PASSOS, F.B.; AQUINO, F.G.; OLIVEIRA, F.F.; SOUSA, S.R. 2015. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, **13**(1):25-32.
- PEREIRA, J.S.; RODRIGUES, S.C. 2012. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. *Revista Caminhos de Geografia*, **13**(4):102-110.
- PILON, N.A.L.; DURIGAN, G. 2013. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. *Scientia Florestalis*, **41**(99):389-399.
- PORTO, A.C. 2012. *Concentração e estoque de nutrientes em seis espécies nativas do Cerrado utilizadas em plantio de recuperação de área degradada, Paracatu – MG*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 91 p.
- REATTO, A. 2013. *Caracterização de solos em três áreas de matas ripárias em processo de restauração ecológica no Distrito Federal*. Brasília, DF. Relatório da Embrapa Cerrados, 13 p.
- REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza e conservação*, **1**(1):28-36.
- REIS, A.; TRES, D.R.; SCARIOT, E.C. 2007. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. *Pesquisa Florestal Brasileira*, **55**:67-73.
- RIGUEIRA, D.M.G.; NETO, E.M. 2013. Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. *Revista Caititu*, **1**(1):73-88.
<http://dx.doi.org/10.7724/caititu.2013.v1.n1.d06>
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. 2004. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: R.R. RODRIGUES; H.F. LEITÃO-FILHO (org.), *Matas Ciliares Conservação e Recuperação*. Piracicaba, Universidade de São Paulo, p. 235-247.
- RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. 2009. *Pacto pela restauração de Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. São Paulo, LERF/Universidade de São Paulo/Instituto BioAtlântica, 590 p.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS (SEMA). 2009. *Cadernos da Mata Ciliar, número 4, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares*. São Paulo, Secretaria do Estado de São Paulo, 68 p.
- SILVA, J.C.S. 2007. *Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 120 p.
- SILVA, L.C.R.; CORREA, R.S. 2008. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. *Árvore*, **32**(4):731-740.
<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622008000400015>
- SOUTO, M.L.S. 2013. *Desenvolvimento inicial de 15 espécies florestais nativas, plantadas ao final do período chuvoso, em uma área degradada por extração e compactação de solo no Distrito Federal*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 89 p.
- STARR, C.R. 2009. *Avaliação da recuperação ecológica e do desenvolvimento de árvores em uma lavra de cascalho revegetada do Distrito Federal-DF, Brasil*. Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 67 p.
- VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J.D.; CASTRO, D.S.; SOUSA, D.M. MONTEIRO, M.M.; CALIL, F.N. 2013. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de Cerrado no Distrito Federal. *Biosciencie. Journal*, **29**(1):143-151.
- VAN STRALEN, N.M. 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, **9**(1-3):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.; RODRIGUES, R.R. 2008. Impacto da remoção de plântulas sobre a estrutura da comunidade regenerante de Floresta Estacional Semidecidual. *Acta Botanica Brasilica*, **22**(4):1015-1026.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000400012>
- WARD, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, **58**(301):236-244.
<http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>
- WHITE, T.C.R. 1984. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia*, **63**(1):90-105. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379790>
- ZANETTI, R.; JAFFÉ, K.; VILELA, E.F.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, H.G. 2000. Efeito de densidade e do tamanho de saúveiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. *Sociedade Entomologia Brasil*, **29**(1):105-112.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80592000000100013>

Submitted on November 3, 2015

Accepted on April 4, 2016