






## Crescimento de espécies arbóreas nativas em recuperação de área degradada no litoral do Paraná

Luiz Henrique Schäffer<sup>1</sup>, Eduardo Abilhoa Mattar<sup>1</sup>, Nelson Yoshihiro Nakajima<sup>1</sup>, Samuel Alves da Silva<sup>1</sup>, Ricardo Aguiar Borges<sup>2</sup>, Augusto Venicius Possa Borges<sup>1</sup>, Antonio Aparecido Carpanezzi<sup>3</sup>, Edinelson José Maciel Neves<sup>3</sup>, Alessandro Camargo Angelo<sup>1</sup>, Ricardo Miranda de Brites<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Avenida Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

<sup>2</sup>Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, Rua Victório Viezzer, 651, Mercês, CEP 80810-340, Curitiba, PR, Brasil

<sup>3</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, C.P. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

**\*Autor correspondente:**

ssilva.alves@yahoo.com.br

**Termos para indexação:**

Regeneração da floresta  
Cobertura de copa  
Áreas de terras baixas

**Index terms:**

Forest landscape restoration  
Canopy  
Lowland areas

**Histórico do artigo:**

Recebido em 27/07/2018  
Aprovado em 22/05/2020  
Publicado em 29/12/2020

**Resumo** - Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento das espécies *Senna multijuga*, *Myrsine coriacea*, *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*, *Inga edulis*, *I. marginata* e *Citharexylum myrianthum* na recuperação de uma área degradada pela pecuária. O experimento foi desenvolvido na Reserva Natural da Guaricica em Antonina, PR. Foram testados quatro tratamentos com diferentes densidades de indivíduos de cada espécie, cada um com três repetições em blocos de 3.000 m<sup>2</sup>. A avaliação foi baseada nas variáveis: altura total (h), diâmetro a 1,30 m do solo, área de cobertura da copa, área basal e mortalidade. Com exceção da mortalidade que foi comparada pelo teste de Kruskal-Wallis, as demais variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. *I. edulis* apresentou o melhor desenvolvimento e *I. marginata* o pior, enquanto *M. coriacea* apresentou a menor mortalidade e *S. multijuga* a maior. Estes resultados se expressaram entre os tratamentos, pois maior densidade de *I. edulis* gerou maior h média e maior densidade de *S. multijuga* gerou maior mortalidade. Maiores proporções de *I. edulis* tendem a aumentar a eficiência de projetos de restauração, enquanto *C. myrianthum* e *M. coriacea* também apresentam potencial para plantios na região do estudo.

## Growth of native tree species in the recovery of degraded area in the coast of Parana State, Brazil

**Abstract** - This study aimed to evaluate the growth of species *Senna multijuga*, *Myrsine coriacea*, *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*, *Inga edulis*, *I. marginata* and *Citharexylum myrianthum*, in the recovery of an area degraded by livestock. The experiment was conducted in the Natural Reserve of Guaricica in Antonina, PR. Four treatments were tested with different densities of individuals of each species, each with three replications in 3.000 m<sup>2</sup> blocks. The evaluation was based on the variables: total height (h), diameter at 1.30 m above ground level, crown cover area, basal area and mortality. Except for the mortality that was compared by the Kruskal-Wallis test, the other variables were compared by the Tukey test at 5% significance level. *I. edulis* presented the best growth and *I. marginata* the worse, while *M. coriacea* presented the lowest mortality and *S. multijuga* the highest. Treatments expressed similar results, since higher density of *I. edulis* generated higher average h and higher density of *S. multijuga* generated higher mortality. Higher density of *I. edulis* tend to increase the efficiency of restoration projects, while *C. myrianthum* and *M. coriacea* also presented potential for plantings in the study region.



## Introdução

A Mata Atlântica é um conjunto de ecossistemas distribuído ao longo da costa Atlântica do Brasil, sendo que nas regiões Sudeste e Sul se estende até o Paraguai e a Argentina. É importante ressaltar que esse bioma possui grande importância, pois contém uma considerável porção da biodiversidade brasileira e fornece serviços ecossistêmicos essenciais. O seu alto grau de exploração é conhecido, pois a ocupação do território nacional pelos colonizadores europeus se iniciou pela região costeira (Ribeiro et al., 2009).

Não diferente do restante do país, no estado do Paraná, o litoral também foi a primeira região a ser colonizada. Desde então, a planície litorânea vem sofrendo alterações antropogênicas. Grandes áreas de Floresta Atlântica foram convertidas para usos humanos, mais recentemente para o cultivo de banana, mandioca, extração de palmito e criação de búfalo asiático (Ipardes, 2001).

Para a criação de búfalos foi necessário o plantio de gramíneas, principalmente do gênero *Urochloa* (braquiária) (Bruel et al., 2010). Originárias do continente africano, essas gramíneas tornaram-se invasoras, dominando grandes áreas de campo, savanas, áreas úmidas e florestas convertidas em outros usos (Barbosa et al., 2008). Além disso, um estudo apresentado por Oliveira et al. (2017) aponta que *Urochloa humidicola* tem atividade potencial alelopática, inibitória da germinação de sementes e do desenvolvimento de plantas de diferentes espécies.

Considerando que a restauração ecológica é uma atividade que resulta no retorno de um ecossistema a um estado não alterado (Palmer & Filoso, 2009), áreas dominadas por essas gramíneas tendem a necessitar de procedimentos de recuperação da cobertura vegetal de ecossistemas degradados, pois as mesmas se tornam um impeditivo para a restauração (Ferreira et al., 2016).

De acordo com Reis et al. (2010), a restauração de ecossistemas é uma atividade intencional que inicia ou acelera um curso ecológico. Portanto, a maneira mais apropriada de restaurar um ecossistema é induzir um processo gradual, semelhante ao que ocorre na natureza após grandes distúrbios. Nesses esforços, no entanto, é desconsiderada a fase inicial da sucessão secundária (fase herbáceo-arbustiva), por motivos culturais e operacionais.

Quando se trata da restauração de florestas, por exemplo, o principal objetivo é restabelecê-las ao ponto da autoperpetuação, ou seja, torná-las biologicamente viáveis para que não dependam de intervenções humanas constantes (Lamb et al., 2005). Em regiões tropicais e subtropicais, as práticas de restauração devem tornar sustentáveis as florestas que foram restabelecidas, a fim de proporcionarem os serviços almeçados, sejam eles de conservação da biodiversidade, ou outros (Brancaion et al., 2010).

A silvicultura de espécies nativas é uma atividade incipiente no Brasil, quando comparada à de espécies comerciais exóticas (Rorato et al., 2018). No que tange à restauração florestal, restam lacunas relevantes sobre o desempenho de espécies nativas em funções como no controle de espécies exóticas invasoras, na recuperação das propriedades do solo e na atração da fauna (Zahawi et al., 2013).

Com o intuito de criar um modelo que possa ser replicado em áreas de domínio da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento silvicultural de seis espécies arbóreas empregadas em plantio misto, para recuperação de áreas degradadas por pastagem na planície litorânea paranaense.

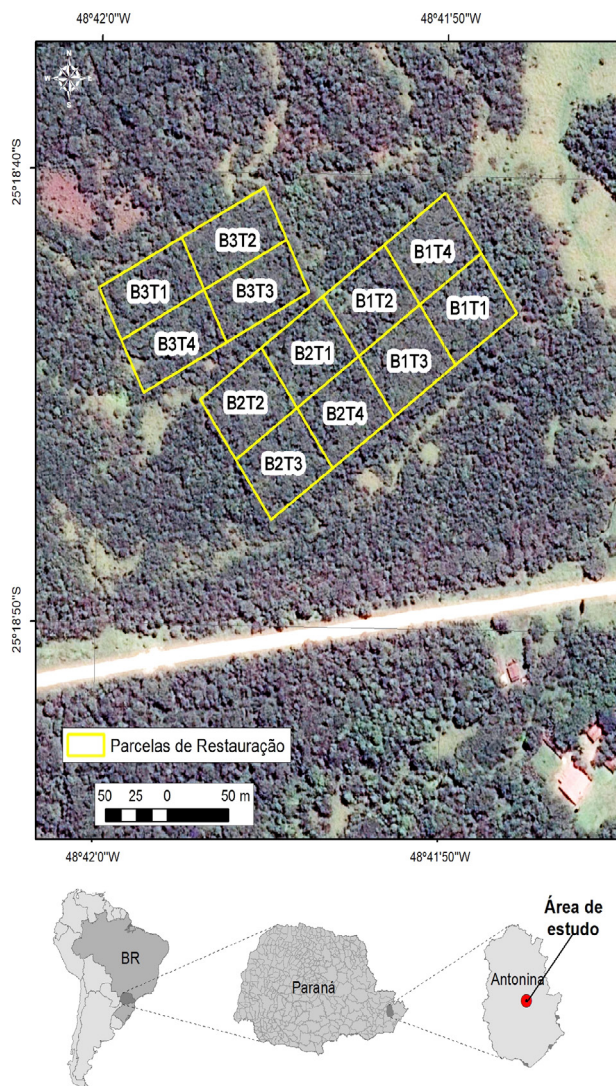
## Material e métodos

O estudo foi realizado em uma área de 3,6 ha, em planície aluvial localizada na Reserva Natural Guaricica (Figura 1), antiga Reserva Natural do Rio Cachoeira pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS). Essa área protegida possui 8.600 ha e está integralmente localizada no município de Antonina, litoral do estado do Paraná, representando aproximadamente 10,3% da superfície do município. Seus pontos extremos são 25°24' ao norte, 25°41' ao sul, 48°64' ao leste e 48°74' a oeste. O plantio foi realizado em 2006 e as leituras em 2016.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região em que estão alocadas as parcelas é do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C, sempre úmido, com precipitação acima de 1.000 mm ano<sup>-1</sup>, distribuída em todos os meses do ano, apresentando uma zona de transição (t) sempre úmida e sem geadas noturnas (Alvares et al., 2013). A formação fitogeográfica no local é Floresta Ombrófila Densa aluvial (IBGE, 2012) e a classe de solos

predominante é Gleissolo Háptico, devido à influência do Rio Cachoeira (SPVS, 2012).

Afloramentos do lençol freático são frequentes nos períodos de maior precipitação, principalmente entre dezembro e março, e as áreas com menor capacidade de drenagem podem permanecer inundadas por alguns dias.



**Figura 1.** Unidades amostrais no plantio misto de seis espécies arbóreas nativas em Floresta Ombrófila Densa aluvial no município de Antonina, PR, Brasil. BiTj = tratamento i no bloco j, com i variando de 1 a 4 e j de 1 a 3.

**Figure 1.** Sample units in the mixed planting area of six native tree species in the Alluvial Atlantic Rainforest restoration project, Antonina, Paraná State, Brazil. BiTj = treatment i and block j, with i varying from 1 to 4 and j from 1 to 3.

Foram empregadas seis espécies arbóreas nativas no experimento: *Senna multijuga* (Rich.) H.S.Irwin & Barneby (aleluia), *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. (capororoca), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake var. *parahyba* (guapuruvú), *Inga edulis* Mart. (ingá-vermelho), *Inga marginata* Willd. (ingá-feijão) e *Citharexylum myrianthum* Cham. (jacataúva).

O experimento foi composto por quatro tratamentos (Tabela 1), testando diferentes densidades de indivíduos de cada espécie. No tratamento 1 (controle), o número de indivíduos das seis espécies foi igual, enquanto nos demais tratamentos (talhões facilitadores) foram usadas densidades diferentes. O tratamento 2 (talhão facilitador intermediário) dispunha de maior número de *I. edulis*, *S. multijuga*, *C. myrianthum* e *I. marginata*; o tratamento 3 (talhão facilitador simplificado 1) foi constituído por maior número de *I. edulis* e *S. multijuga* em detrimento das demais e no tratamento 4 (talhão facilitador simplificado 2), a condição do tratamento 3 foi intensificada.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no plantio misto de seis espécies arbóreas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR, Brasil.

**Table 1.** Treatments utilized in the mixed plantation of six tree species for restoration of Alluvial Atlantic Rainforest in Antonina, Paraná State, Brazil.

Espécies	Densidade por espécie (indivíduos ha <sup>-1</sup> )			
	T 1	T 2	T 3	T 4
<i>Inga edulis</i>	417	500	625	833
<i>Senna multijuga</i>	417	500	625	833
<i>Myrsine coriacea</i>	417	250	313	208
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>parahyba</i>	417	250	313	208
<i>Inga marginata</i>	417	500	313	208
<i>Citharexylum myrianthum</i>	417	500	313	208

Em que: T 1 = controle; T 2 = talhão facilitador intermediário; T 3 = talhão facilitador simplificado 1 e; T 4 = talhão facilitador simplificado 2.

Antes da implantação, foram empregadas nas linhas de plantio: roçada mecanizada, subsolagem e revolvimento da camada superficial do solo com enxada rotativa. A abertura das covas e o plantio foram manuais e não foi feita adubação. A limpeza de manutenção das gramíneas foi realizada com facão ou roçadeira costal, por um período de 24 a 30 meses. O espaçamento e as técnicas

silviculturais foram os mesmos em todos os tratamentos e as espécies foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas, sem sequência definida.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e três repetições. A área das parcelas é de 3.000 m<sup>2</sup>, e o espaçamento inicial foi de 2,5 m entre linhas e 1,6 m entre plantas.

#### Coleta e análise de dados

Foram avaliadas as seguintes variáveis por espécie: altura total ( $h$ ), diâmetro a 1,3 m acima do solo ( $d$ ), área de cobertura de copa ( $ACC$ ), área basal ( $G$ ) e mortalidade. Entre os tratamentos, foram comparadas as mesmas variáveis, com exceção da área de cobertura de copa, pois a intensidade e o delineamento amostrais foram adequados apenas para a comparação entre espécies.

A coleta de dados consistiu em um censo das árvores plantadas na área do experimento, onde foram tomadas altura total e circunferência do fuste a 1,3 m acima do solo ( $CAP$ ). Foram eleitas nove árvores de cada espécie para a obtenção do diâmetro da cobertura da copa. A altura total das plantas foi medida usando como referência uma vara não graduada, mas de comprimento conhecido (7,5 m). Os valores de  $CAP$  foram tomados com o uso de fita métrica e convertidos matematicamente para  $d$ . Para as árvores bifurcadas, o cálculo do  $d$  equivalente foi obtido através da Equação 1.

$$d_{\text{bifurcada}} = \frac{\sqrt{\sum CAP^2}}{\pi} \quad (1)$$

Em que:  $d$  = diâmetro a 1,3 m acima do solo (cm);  $CAP$  circunferência a 1,3 m acima do solo (cm).

O diâmetro da cobertura da copa foi medido com uma trena, efetuando-se duas medidas perpendiculares. A primeira no sentido da linha de plantio e a segunda formando 90 graus com a primeira. A Equação 2 foi utilizada para obtenção da área da cobertura da copa.

$$i = \pi * \left( \frac{L1 + L2}{4} \right)^2 \quad (2)$$

Em que:  $Ci$  = área da cobertura individual da copa;  $L1$  e  $L2$  = comprimentos dos diâmetros medidos na linha de plantio e a 90°, respectivamente.

Para comparação dos tratamentos e das espécies, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) para todas as variáveis que apresentaram homogeneidade

de variância pelo teste de Bartlett. Nesses casos, a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a variável mortalidade, foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

## Resultados

Foi observada diferença significativa entre as espécies para as variáveis altura total ( $h$ ), diâmetro a 1,3 m acima do solo ( $d$ ), área de cobertura de copa ( $ACC$ ), destacando-se *Inga edulis* com os maiores valores, seguida por *Citharexylum myrianthum*, enquanto os menores valores foram obtidos para *Inga marginata* (Tabela 2).

**Tabela 2.** Dados de seis espécies arbóreas empregadas em plantio misto, com 10 anos de idade, para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR, Brasil.

**Table 2.** Data of six tree species used in 10-year-old mixed planting for restoration of Alluvial Atlantic Rainforest in Antonina, Paraná State, Brazil.

Espécie	$\bar{h}$ (m)	$\bar{d}$ (cm)	$\overline{ACC}$ (m <sup>2</sup> )	$\overline{G}$ (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Mort (%)
<i>Senna multijuga</i>	9,0 c	10,7 c	12,5 b	0,678	89,1%
<i>Myrsine coriacea</i>	10,8 b	9,7 cd	13,8 b	2,063	23,2%
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>parahyba</i>	8,2 c	9,4 d	8,8 b	1,066	53,2%
<i>Inga marginata</i>	5,6 d	6,6 e	9,55 b	0,523	67,3%
<i>I. edulis</i>	12,3 a	13,8 a	56,5 a	5,476	49,0%
<i>Citharexylum myrianthum</i>	10,7 b	11,7 b	12,8 b	2,345	45,1%
Total	10,2	10,9	19,0	12,15	58,0%

Em que:  $\bar{h}$  = altura média;  $\bar{d}$  = diâmetro a 1,3 m acima do solo;  $\overline{ACC}$  = área média de cobertura de copas;  $\overline{G}$  = área basal; Mort = mortalidade. Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ ).

A espécie que apresentou as maiores dimensões médias foi *I. edulis* e as menores foram verificadas para *I. marginata*. A menor mortalidade foi observada para *M. coriacea* e a maior para *S. multijuga*. Durante a coleta dos dados foram observados muitos troncos de árvores mortas de *S. multijuga*, em pé ou caídos.

#### Comparação entre tratamentos

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis  $d$ ,  $G$  e para a mortalidade, apesar da redução de área basal e aumento da taxa de mortalidade para o Tratamento 4. A única variável que apresentou diferença foi  $h$  (Tabela 3).

**Tabela 3.** Dados registrados de seis espécies arbóreas nativas, separadas em quatro tratamentos, em plantio misto com 10 anos de idade, para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial em Antonina, PR, Brasil.

**Table 3.** Recorded data of six native tree species, separated into four treatments, in 10-year-old mixed planting, for restoration of Alluvial Atlantic Rainforest in Antonina, Paraná State, Brazil.

Tratamento	$\bar{h}$ (m)	$\bar{d}$ (cm)	$\bar{G}$ (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Mortalidade (%)
Tratamento 1	9,6 a	10,8 a	12,54 a	54,10 a
Tratamento 2	9,9 a	10,8 a	12,19 a	56,80 a
Tratamento 3	10,6 b	11,1 a	12,96 a	57,10 a
Tratamento 4	10,7 b	11,1 a	10,91 a	64,10 a
<b>Média Geral</b>	<b>10,2</b>	<b>11,0</b>	<b>12,15</b>	<b>58,00</b>

Em que:  $\bar{h}$  = altura média;  $\bar{d}$  = diâmetro a 1,30 m acima do solo;  $\bar{G}$  = área basal média; mortalidade = taxa de mortalidade. Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$  para  $\bar{h}$ ,  $\bar{d}$  e  $\bar{G}$ ; Kruskal-Wallis para mortalidade). T 1 = controle; T 2 = talhão facilitador intermediário; T 3 = talhão facilitador simplificado 1 e; T 4 = talhão facilitador simplificado 2.

Com base nas observações de campo, foi verificada expressiva heterogeneidade na estrutura da floresta e ocorrência de clareiras na área do experimento (Figura 2).



Foto: Eduardo Abilhoa Mattar.

**Figura 2.** Clareira observada no plantio misto de seis espécies nativas arbóreas para restauração de Floresta Ombrófila Densa aluvial, Antonina, PR, Brasil.

**Figure 2.** Forest clearing observed in mixed planting for Alluvial Atlantic Rainforest restoration, Antonina, Paraná State, Brazil.

## Discussão

O maior crescimento e a ampla cobertura de copa demonstram grande potencial da espécie *Inga edulis* para plantios na planície litorânea paranaense. O maior crescimento em diâmetro a 1,3 m acima do solo ( $d$ ) e área de cobertura de copa ( $ACC$ ) dessa espécie em áreas de planície foi relatado anteriormente por Cotarelli et al. (2008), em estudo realizado na mesma área do presente estudo e comparando cinco das seis espécies aqui analisadas aos 26 meses de idade. A ampla  $ACC$  de *I. edulis* também já foi observada em outras áreas por González & Fisher (1994) e Rhoades et al. (1998), enquanto Jones (2004) afirma que essa característica representa uma vantagem no controle de gramíneas ou outras heliófilas.

*I. edulis* é uma heliófita, semi-decídua, seletiva higrófila, de crescimento rápido e copas amplas, atingindo até 40 m de altura. É característica das Florestas Ombrófilas Densas da Amazônia e da Mata Atlântica, preferindo solos de baixada suscetíveis a alagamentos sazonais e não tolerando geadas (Lorenzi, 1998; Rollo et al., 2016). Sua adaptabilidade às condições físicas da área de estudo foi determinante para o excelente comportamento registrado neste experimento.

Outras espécies que apresentaram potencial para aplicações silviculturais na região foram *Citharexylum myrianthum* e *Myrsine coriacea*. Esse potencial é ilustrado pelo crescimento acima da média de *C. myrianthum*, ficando atrás apenas de *I. edulis* e pela baixa mortalidade de *M. coriacea*, muito abaixo de todas as outras espécies analisadas. Essas características geraram maior percentual da área basal ( $G$ ) para estas espécies em relação à *Schizolobium parahyba* var. *parahyba*, *Inga marginata* e *Senna multijuga*.

*C. myrianthum* e *M. coriacea*, assim como as demais espécies empregadas na área de estudo, são heliófitas, higrófilas seletivas e de ampla distribuição no território brasileiro. *C. myrianthum* é decídua, ocorre naturalmente no bioma Mata Atlântica, na Floresta Ombrófila Densa e na Floresta Estacional Semidecidual, sendo característica de ambientes aluviais, sobre solos muito úmidos. Essa espécie não tolera geadas e, por isso, diferentemente de *M. coriacea*, não ocorre na Floresta com Araucárias (Lorenzi, 1998).

*M. coriacea* é uma secundária inicial, mas comporta-se como uma pioneira, colonizando vigorosamente pastagens abandonadas. Perenifólia, com copa alta

e pouco densa, essa espécie generalista ocorre em quase todas as formações vegetais do Brasil, mas é especialmente abundante em áreas de encosta da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, onde, em determinadas fases da sucessão, é a espécie predominante (Schorn & Galvão, 2009). A sobrevivência muito superior dessa espécie decorre de sua elevada capacidade de adaptação e do fato de tolerar maior intensidade de sombreamento em relação às outras cinco plantadas (Lorenzi, 1998; Carvalho, 2006).

As espécies *S. parahyba* var. *parahyba* e *I. marginata* apresentaram crescimento inferior ao das outras espécies analisadas. *I. marginata* apresentou as menores médias de *h* e *d*, enquanto *S. parahyba* var. *parahyba* apresentou a menor *ACC* e suas médias de *h* e *d* são superiores apenas às de *I. marginata*. O desenvolvimento inferior de *S. parahyba* var. *parahyba* em plantios na planície litorânea paranaense, em relação ao das outras espécies aqui analisadas, também foi relatado por Cotarelli et al. (2008), onde a espécie apresentou os menores valores de *h*, *d*, *ACC* e sobrevivência, sendo que *I. marginata* não foi considerada nesse estudo.

*S. parahyba* var. *parahyba* é uma pioneira típica, intolerante à sombra, com rápido crescimento, frutos secos e ciclo de vida relativamente curto (Lorenzi, 1998; Carvalho, 2006). Essa variedade ocorre nas Florestas Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual da Mata Atlântica, enquanto *S. parahyba* var. *amazonicum* ocorre na Região Amazônica. Embora seja característica de ambientes aluviais, não tolera bem solos mal drenados na planície litorânea paranaense (Carvalho, 2006), motivo pelo qual apresentou subdesenvolvimento na área de estudo.

*I. marginata* é uma heliófila, com abrangência extremamente ampla, porte menor e crescimento mais lento em relação às demais espécies aqui analisadas. Comum em solos mal drenados em quase todas as formações vegetais do Brasil (Lorenzi, 1998; Carpanezzi & Carpanezzi, 2006). O subdesenvolvimento de *I. marginata* na área experimental está possivelmente relacionado ao seu crescimento mais lento do que as demais, que acabaram suprimindo os indivíduos dessa espécie por conta do sombreamento.

Apesar da taxa de mortalidade mais elevada de *S. multijuga*, as árvores vivas desta espécie apresentaram média de *d* inferior apenas às de *C. myrianthum* e *I.*

*edulis*, enquanto a *h* e a *ACC* são menores do que às das espécies consideradas aqui como bem adaptadas ao local: *I. edulis*, *C. myrianthum* e *M. coriacea*. A presença frequente de troncos de árvores mortas também sugere que os indivíduos de *S. multijuga* cresceram rapidamente, antes de morrerem.

Possivelmente, um número de árvores de *S. multijuga* bem mais representativo de indivíduos do que o atual, sobreviveu às fases iniciais do plantio, cresceu, cumpriu suas funções de recobrimento do solo e deposição de matéria orgânica, se reproduziu e morreu antes do momento da coleta de dados, que ocorreu após 10 anos do plantio. Esse comportamento é característico de espécies pioneiras de crescimento rápido (Carpanezzi & Carpanezzi, 2006), como a espécie é classificada por Miranda Neto et al. (2010). Corroborando com essa interpretação, Cotarelli et al. (2008) não relatam mortalidade mais acentuada aos 26 meses de idade para essa espécie em relação às outras analisadas no presente estudo.

As diferenças entre o comportamento das espécies também podem ser notadas na comparação entre os diferentes tratamentos. Aqueles com maior proporção de *I. edulis* (Tratamentos 3 e 4) apresentaram médias de altura significativamente maiores (Tabela 4) e o Tratamento 4, que continha a maior densidade inicial de *S. multijuga*, apresentou a mortalidade mais elevada. Cabe considerar também que as maiores proporções de *S. multijuga* foram acompanhadas de igual proporção de *I. edulis* (Tabela 1), de forma que diferenças pela mortalidade de uma espécie podem ter sido atenuadas pelo bom desenvolvimento da outra.

Considerando os resultados de Cotarelli et al. (2008), pode-se notar que, se *I. edulis* já apresentava maior *h* e *ACC* aos 26 meses de idade, maior quantidade de indivíduos desta espécie tendem a recobrir o solo em menor tempo, reduzindo custos com o controle de gramíneas. Por outro lado, maiores proporções de pioneiras típicas, como *S. multijuga*, podem acarretar o retorno de gramíneas quando da ocorrência de mortalidade concentrada da espécie (Carpanezzi & Carpanezzi, 2006), o que tende a retardar o avanço das etapas sucessionais (Cheung et al., 2009). Observou-se ainda que a morfologia foliar das espécies *S. multijuga* e *S. parahyba* var. *parahyba* não é favorável para o controle de gramíneas, pois suas folhas compostas,

com folíolos relativamente pequenos, não compõem copas densas, possibilitando maior penetração de luminosidade.

As áreas de planície na região estudada apresentam afloramento sazonal do lençol freático, característica limitante que gera maior mortalidade de mudas e menor *G* (Assis & Wittmann, 2011). Embora as espécies plantadas ocorram naturalmente em ambientes de planície aluvial (Roderjan et al., 2002; Borgo et al., 2011), em condições de melhor drenagem a tendência seria observar maior crescimento, principalmente de *S. parahyba* var. *parahyba*, uma das espécies brasileiras de mais rápido crescimento (Carvalho, 2006).

A expressiva heterogeneidade estrutural observada na área do experimento possivelmente decorre das variações edáficas. Essas condições parecem decorrer de fatores naturais e de fatores relacionados ao uso anterior do solo, que se refletem no acúmulo de água do solo. Áreas rebaixadas em relação ao restante do terreno, que possivelmente são antigas áreas de banho dos búfalos, são clareiras onde nenhuma muda sobreviveu e nelas vegetam apenas herbáceas (Figura 2) ou o solo está exposto. Há também representativas áreas com alagamentos mais frequentes (banhados), devido a depressões mais suaves do terreno, possivelmente de origem natural, onde também não se verifica formação de floresta.

A diferença entre os tratamentos decorreu das diferenças no comportamento das espécies plantadas, mas foi atenuada pela expressiva variação ambiental, relacionada principalmente ao acúmulo de água no solo, e também pela reduzida expressividade na variação metodológica entre os tratamentos. Bruel et al. (2010), em experimento realizado em área da mesma reserva, atribuiu a diferença no desenvolvimento das plantas aos diferentes graus de degradação do solo ou micro relevos que alteram os níveis de umidade do solo. Cheung et al. (2009) observaram que o desenvolvimento da regeneração natural na planície litorânea paranaense também está relacionado com o nível de umidade do solo e, conseqüentemente, do grau de degradação e das condições de micro relevo.

Outra importante fonte de variação ambiental consiste na presença de duas grandes árvores remanescentes do antigo pasto, uma figueira (*Ficus* sp.) e um jacarandá-lombriga (*Andira antheimia* (Vell.) Benth). Sob as enormes copas desses indivíduos, praticamente nenhuma

muda sobreviveu, já que as espécies plantadas são pouco tolerantes ou totalmente intolerantes à sombra, portanto esse local não é propício para o seu desenvolvimento.

## Conclusões

O crescimento e as características de *Inga edulis* demonstram vantagens dessa espécie para atividades de restauração florestal na planície litorânea paranaense, pois a espécie é típica de solos suscetíveis a inundações sazonais. *Citharexylum myrianthum* e *Myrsine coriacea* também demonstraram potencial silvicultural nas condições restritivas da planície aluvial, embora apresentem crescimento e cobertura de copa inferiores aos de *I. edulis*. Por outro lado, *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* e, principalmente, *Inga marginata* não expressaram seu potencial de crescimento.

Sendo espécies moderadamente generalistas e de ampla ocorrência, a tendência é que as espécies aqui analisadas possam ser empregadas com sucesso em outras tipologias florestais, respeitando sua área de ocorrência natural e suas demandas silviculturais. Sobre solos de melhor drenagem, *S. parahyba* var. *parahyba* tende a apresentar elevada taxa de crescimento, mas sua morfologia não é interessante para o controle de gramíneas. *I. marginata* pode não ser interessante para o emprego em plantios mistos com espécies de rápido crescimento, pois tem crescimento lento e pouca tolerância à sombra.

As diferenças entre os tratamentos sugerem que, apesar da adaptabilidade de *Senna multijuga* à área de estudo, a espécie não deve ser utilizada em grandes densidades, mas ainda são necessários mais estudos para a compreensão de sua dinâmica sucessional. Maiores densidades de *I. edulis* tendem a gerar um recobrimento mais rápido do solo, com indivíduos de maiores dimensões e copas exuberantes, levando a vantagens para atividades de restauração florestal.

## Agradecimentos

Agradecimentos à SPVS pela oportunidade de desenvolver este trabalho e aos funcionários da Reserva Natural da Guaricica; Antônio, Jandir e Vandir da Veiga e João Pontes pelo grande apoio prestado durante todo o trabalho de campo.

## Referências

- Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Assis, R. L. & Wittmann, F. Forest structure and tree species composition of the understory of two central Amazonian várzea forests of contrasting flood heights. **Flora**, v. 206, n. 3, p. 251-260, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.11.002>.
- Barbosa, E. G. et al. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 625-631, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000400021>.
- Borgo, M. et al. Espécies arbóreas de um trecho de Floresta Atlântica do município de Antonina, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 819-832, 2011. <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V41I4.25346>.
- Brançalion, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000300010>.
- Bruel, B. O. et al. Survival and growth of tree species under two direct seedling planting systems. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 4, p. 414-417, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00634.x>.
- Carpanezzi, A. A. & Carpanezzi, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no estado do Paraná, em solos não degradados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 57 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 136). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/313946>>.
- Carvalho, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, 2).
- Cheung, K. C. et al. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na floresta ombrófila densa do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000400015>.
- Cotarelli, V. M. et al. Comportamento de cinco espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica na restauração de áreas degradadas por pastagens em relevo de planície do litoral do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 7., 2008, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa, 2008. p. 147-162.
- Ferreira, L. V. et al. The effect of exotic grass *Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster (*Poaceae*) in the reduction of species richness and change of floristic composition of natural regeneration in the Floresta Nacional de Carajás, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 589-597, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150121>.
- González, E. J. & Fischer, R. F. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. **Foresty Ecology and Management**, v. 70, n. 3, p. 159-167, 1994. : [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)90083-3) p. 159-167, 1994.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 275 p.
- Ipardes. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social. **Zoneamento da área de proteção ambiental de Guaqueçaba**. Curitiba, 2001. 150 p.
- Jones, E. R. et al. Facilitating natural regeneration in *Saccharum spontaneum* (L.) grasslands within the Panama Canal Watershed: effects of tree species and tree structure on vegetation recruitment patterns. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 3, p. 171-181, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.002>.
- Lamb, D. et al. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>.
- Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. ed. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998.
- Miranda Neto, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000600009>.
- Oliveira, D. R. et al. Special metabolites isolated from *Urochloa humidicola* (Poaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 789-797, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160126>.
- Palmer, M. A. & Filoso, S. Restoration of ecosystem services for environmental markets. **Science**, v. 325, n. 5940, p. 575-576, 2009. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1172976>.
- Ribeiro, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>.
- Reis, A. et al. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244-250, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000200018>.
- Rhoades, C. C. et al. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration. **Restoration Ecology**, v. 6, n. 3, p. 262-270, 1998. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1998.00639.x>
- Roderjan, C. V. et al. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, v. 13, n. 24, p. 75-92, 2002.
- Rollo, A. et al. Genetic diversity and hybridization in the two species *Inga ingoides* and *Inga edulis*: potential applications for agroforestry in the Peruvian Amazon. **Annals of Forest Science**, v. 73, n. 2, p. 425-435, 2016. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0535-0>.
- Rorato, D. G. et al. Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in Southern Brazil. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 3, p. 537-542, 2018. <https://doi.org/10.1111/rec.12596>.
- Schorn, L. A. & Galvão F. Dinâmica no estrato arbóreo em três estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC. **Cerne**, v. 15, n. 2, p. 221-235, 2009.



SPVS. Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Revisão dos planos de manejo das Reservas Naturais Morro da Mina, Rio Cachoeira e Serra Itaqui**: Paraná. Curitiba, 2012. Disponível em Disponível em: <[http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO\\_MANEJO\\_RESERVAS\\_NATURAIS\\_SPVS-1.pdf](http://www.spvs.org.br/wp-content/uploads/downloads/2016/01/PLANO_MANEJO_RESERVAS_NATURAIS_SPVS-1.pdf)> Acesso: 3 out. 2016.

Zahawi, R. A. et al. Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 1, p. 88-96, 2013. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12014>.