

## Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP

Comparing different densities of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) for restoration of forest reserves in Pontal do Paranapanema, SP

Tiago Pavan Beltrame<sup>1</sup> e Efraim Rodrigues<sup>2</sup>

### Resumo

A crescente redução da área das florestas tropicais, em especial a Mata Atlântica, vem causando graves conseqüências ambientais em sua área original de ocorrência. Muitos desses danos podem ser revertidos pela recuperação de florestas, sendo o custo dessa operação um dos principais fatores limitantes. Esses fatores tornam necessário o desenvolvimento de novos modelos de restauração florestal. O objetivo deste estudo foi avaliar alternativas de acelerar a restauração de florestas tropicais. As hipóteses testadas são: o plantio consorciado de feijão guandu pode beneficiar as espécies arbóreas plantadas; e o benefício depende da densidade do guandu. O feijão guandu foi semeado nas linhas entre árvores nativas plantadas em espaçamento 2 m x 4 m. Aos 22 e aos 34 meses após o plantio, foram avaliados quatro tratamentos: plantio sem guandu (SG) (testemunha), duas plantas de guandu entre as árvores (2G), raleação de uma planta de guandu aos seis meses, mantendo-se uma planta entre as árvores (1G) e corte raso das duas plantas de guandu aos seis meses após o plantio (CRG). Para a coleta dos dados foram sorteadas 100 árvores em cada tratamento. Os resultados mostraram aumento da altura das árvores nativas na presença de guandu. Aos 34 meses após o plantio, a área basal total do tratamento com a proporção de duas plantas de guandu para cada árvore foi menor do que no tratamento com uma planta. A mortalidade de espécies pioneiras sem guandu foi muito superior à mortalidade das não-pioneiras na mesma condição. O solo próximo a plantas de feijão guandu teve conteúdo de matéria orgânica maior e teor de fósforo menor do que a testemunha. O estudo aponta para efeitos positivos e negativos entre o consórcio de feijão guandu com plantas nativas, desta forma, a primeira hipótese é refutada e a segunda hipótese está correta.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica, Ecologia da restauração, Restauração ecológica; Sistemas agroflorestais

### Abstract

Increasing reductions of tropical forests, especially in the Mata Atlântica bioma, have led to serious environmental consequences. However, there is a great need for new restoration models in tropical forestry. The aim of this work was to evaluate alternatives to accelerate restoration and decrease costs for such restoration. Pigeon pea may help ecological restoration. The main hypothesis was that different densities of *Cajanus cajan* can promote ecological restoration. *Cajanus cajan* was interplanted with native trees in a 2 x 4 m spacing. After 22 and 34 months of planting, four different treatments were evaluated. The treatments were: no guandu between tree lines; two seeds between tree lines; elimination of the one guandu plant after six months of planting and complete elimination of the two guandu plants after six months of planting. For data collection 100 trees were chosen by chance in each treatment. The results showed an increase in height where *Cajanus cajan* was present. 34 months after planting the total basal area of native trees planted close to two pigeon pea plants were significantly smaller when compared to those planted close to one pigeon pea per tree. The mortality of pioneer species without pigeon pea was significantly superior to the mortality of non-pioneer species in the same condition. The soil structure around *Cajanus cajan* showed a larger content of organic matter and less phosphorus, when compared to the testimony treatment. This study suggests negative and positive effects for the intercropping of *Cajanus cajan* and the native trees; therefore the first hypothesis is refuted and the second hypothesis is not.

**Keywords:** Mata Atlântica, Restoration ecology, Restoration plans, Agroforestry

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal - IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas - Rua Ricardo Fogaroli, 387 - Vila São Paulo - Teodoro Sampaio, SP - 19280-000 - E-mail: [tpavan@ipe.org.br](mailto:tpavan@ipe.org.br)

<sup>2</sup>Professor Doutor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - Rod. Celso Garcia Cid PR 445 - km 380 - Caixa Postal 6001 - Londrina, PR - 86051-990 - E-mail: [efraim@uel.br](mailto:efraim@uel.br)

## INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das formações florestais mais ameaçadas do mundo. Dados do IBGE (2005) indicam que a Mata Atlântica possui uma área de 1.110.182 km<sup>2</sup>. Parte de seus remanescentes florestais, conhecidos como Floresta Estacional Semidecidual, está localizada no Pontal do Paranapanema. O Pontal do Paranapanema sofreu drástica redução em sua cobertura florestal, restando hoje apenas 1,85% das florestas existentes antes do desmatamento. A maior parte do que resta está contida no Parque Estadual Morro do Diabo (37.000 ha) e em alguns fragmentos preservados em fazendas e assentamentos rurais (DITT, 2002).

Toda essa ocupação, se não for feita respeitando conceitos agro-ambientais, pode gerar consequências graves para a manutenção de muitas espécies da fauna e da flora, levando espécies mais exigentes à extinção (AIDE, 2000). A ocupação atual tem levado a uma paisagem regional onde vários fragmentos florestais estão sendo circundados e pressionados por assentamentos rurais (VALLADARES-PADUA *et al.*, 2002).

Esta situação, comum na paisagem do Pontal, com assentamentos rurais circundando as últimas ilhas de biodiversidade da Mata Atlântica, desafia a necessidade emergencial de desenhar e adaptar novos modelos de desenvolvimento que tragam um mínimo de sustentabilidade ao avanço da reforma agrária na região (CULLEN *et al.*, 2003).

Com o avanço da reforma agrária no Pontal do Paranapanema, observou-se, entre os assentados, uma crescente demanda por produtos florestais, tais como palanques para cercas, cabos de ferramentas, toras para construção etc. Essa atividade tem aumentado muito a pressão sobre as florestas, bem como a degradação dos últimos remanescentes florestais da Mata Atlântica na região.

Neste quadro de difícil reversão, os programas de fomento florestal representam importante alternativa para o desenvolvimento deste setor. Adotando uma concepção agroflorestal mais adequada, que envolva a sociedade simultaneamente na conservação das florestas, na produção de madeira e na produção agrícola, desenvolve-se uma função estratégica para a restauração ecológica (SILVA e VIANA, 2002; SILVA, 2002; BELTRAME *et al.*, 2003; CULLEN *et al.*, 2003; SCHROTH *et al.*, 2004).

A legislação federal, através da lei N<sup>o</sup> 8.171

de jan/91, que dispõe sobre a política agrícola, estabelece a obrigatoriedade de recomposição da reserva florestal legal das propriedades e assentamentos rurais. Na recomposição florestal devem ser utilizadas preferencialmente espécies nativas (conforme o art.19, parágrafo único da Lei 4.771/65 com a redação dada pelo art. 19 da Lei 7.803/89), mas sem excluir a possibilidade de recomposição com essências exóticas.

A legislação vigente no estado de São Paulo é a SMA 44, de 30-06-2008 (SÃO PAULO, 2008), que define critérios e procedimentos para a implantação de Sistemas Agroflorestais. O reflorestamento que foi objeto deste estudo atende aos requisitos da legislação vigente, que se baseia no pressuposto de que plantios heterogêneos com espécies exóticas e nativas de rápido crescimento podem acelerar o desenvolvimento de um sub-bosque de espécies nativas, favorecendo um processo de sucessão necessário à recuperação da biodiversidade nas áreas degradadas.

O feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é uma espécie da família das leguminosas, nativa da África Tropical Ocidental, com porte arbustivo ereto de 2 a 3 metros de altura, utilizado amplamente na adubação verde e com potencial produtivo de massa seca para a cobertura do solo (FERNANDES *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 1999). A espécie tem rápido crescimento, cobrindo o solo e aumentando a biomassa no estágio inicial (restauração física), com importante papel na adubação através da fixação de nitrogênio (restauração química) e tem ciclo de vida de aproximadamente três anos, o que dificulta uma ação invasora.

Levando-se em consideração as características do feijão guandu, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial desta planta como colonizadora e criadora de "safe sites" em áreas degradadas, possibilitando o plantio simultâneo das espécies dos diferentes grupos ecológicos, diminuindo a mortalidade e auxiliando o desenvolvimento das espécies florestais. "Safe sites" é a denominação internacionalmente reconhecida para o conjunto de condições ambientais que favorecem o crescimento das espécies florestais, pelo fato de simular condições naturais propícias ao seu desenvolvimento (URBANSKA, 2004).

As hipóteses testadas neste estudo são: o feijão guandu pode reduzir a mortalidade e auxiliar o desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas; e este efeito seria relacionado à densidade de plantio do feijão guandu. De uma perspectiva ecológica, o teste destas hipóteses visa contri-

buir com a pesquisa em sistemas catalisadores da restauração ecológica. De uma perspectiva socioeconômica, visa melhorar e diversificar as atividades produtivas para os assentamentos da reforma agrária na região.

## MATERIAL E MÉTODOS

O plantio experimental deste estudo desenvolveu-se no Assentamento Rural Santa Zélia, no município de Teodoro Sampaio, tendo como referência as coordenadas 52° 25' 42,81" W e 22° 22' 52,35" S. Região do Pontal do Paranapanema, extremo oeste do estado de São Paulo, delimitada pelos rios Paraná ao norte e Paranapanema ao sul.

A região insere-se na província geomorfológica conhecida como Planalto Ocidental Paulista. O relevo é formado por planícies amplas, com baixa declividade e interflúvios com mais de 4 km<sup>2</sup> (ITESP, 1999). O solo é originário de rochas do grupo Bauru, sendo constituído por formações predominante areníticas (SMA, 1999). Caracteriza-se pela elevada concentração de areia, baixa fertilidade natural, boa permeabilidade e drenagem excessiva. A fragilidade natural do solo à erosão é considerada média ou alta (DITT, 2002).

O clima possui duas estações distintas, sendo enquadrado, segundo a classificação de Köppen, como Cwa: mesotérmico de inverno seco, seco e frio no inverno e quente e úmido no verão, com temperaturas médias anuais de 22°C e precipitação média anual que varia de 1200 a 1400 mm (SMA, 1999).

A cobertura vegetal da região, segundo a classificação de Veloso *et al.* (1991), é Floresta

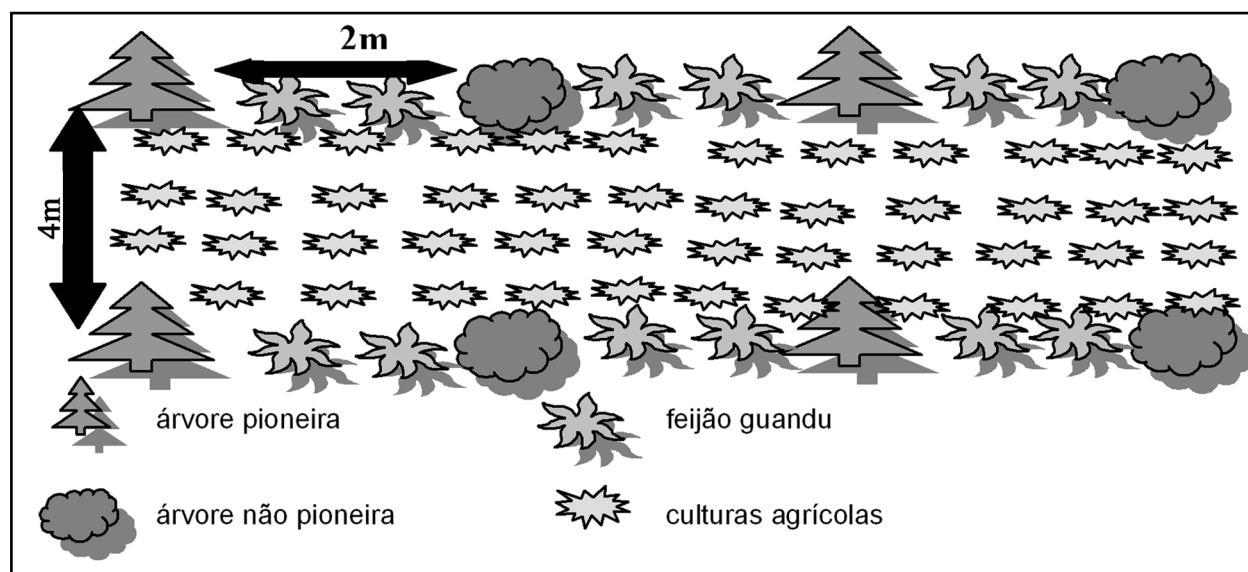
Estacional Semidecidual, estando dentro dos domínios do bioma mata atlântica e protegida pela legislação federal através da lei N° 11428, de 22-12-2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica (BRASIL, 2006).

O reflorestamento foi implantado no mês de fevereiro de 2003. As essências nativas foram implantadas em espaçamento de 2 m x 4 m, intercalando-se uma espécie pioneira com uma espécie não pioneira. Entre as mudas florestais foram plantadas duas covas de feijão guandu e culturas agrícolas anuais nas entrelinhas, com exceção da testemunha (Figura 1).

Os quatro tratamentos foram instalados um ao lado do outro, possuindo áreas de tamanhos diferentes. Foi utilizada para a coleta dos dados uma área amostral de 3.500 m<sup>2</sup>, localizada no centro da área ocupada por cada tratamento, com o objetivo de evitar o efeito de borda.

Os tratamentos avaliados foram: testemunha (SG): plantio florestal sem feijão guandu; 1G: mantendo-se uma cova de feijão guandu entre as mudas florestais; 2G: mantendo-se duas covas de feijão guandu entre as mudas florestais; CRG: o feijão guandu sofreu corte raso das duas covas entre as mudas florestais.

Aos seis meses após o plantio, o feijão guandu foi raleado para reduzir sua densidade no tratamento 1G e sofreu corte raso no tratamento CRG. A coleta de dados teve início aos 16 meses após as podas (22° mês após a implantação do sistema). A listagem das espécies utilizadas, com o nome popular, nome científico, família e classificação nos grupos ecológicos encontra-se na Tabela 1.



**Figura 1.** Ilustração esquemática do Módulo Agroflorestal utilizado no plantio.

**Figure 1.** Illustration of the Agroforestry scheme utilized in the plantation.

**Tabela 1.** Espécies utilizadas na restauração e seus grupos sucessionais.  
**Table 1.** Species utilized in restoration and its different successional groups.

Nome Comum	Nome Científico	Família	Grupo Ecológico
aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	NP
aroeira-pimenteira	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Anacardiaceae	P
guaritá	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	NP
pimenta-de-macaco	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	P
pindaíba	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	Annonaceae	NP
peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneurum</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	NP
morototó	<i>Schefflera morototonii</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	Araliaceae	NP
caroba	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae	NP
ipê-amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	Bignoniaceae	NP
ipê-branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae	NP
ipê-rosa	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	Bignoniaceae	NP
ipê-roxo	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	Bignoniaceae	NP
ipê-tabaco	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	Bignoniaceae	NP
paineira	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Bombacaceae	NP
guajuvira	<i>Patagonula americana</i> L.	Boraginaceae	NP
louro-pardo	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	NP
jaracatiá	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Caricaceae	NP
embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Cecropiaceae	P
capixingui	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	P
mamoninha	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Euphorbiaceae	P
sangra-d'água	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	P
espeteiro	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Flacourtiaceae	NP
jequitibá-branco	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	NP
amendoim	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Leguminosae - Caesalpinioideae	NP
garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Leguminosae - Caesalpinioideae	NP
gurucaia	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Leguminosae - Caesalpinioideae	NP
angico	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Leguminosae - Mimosoideae	NP
ingá-de-macaco	<i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn.	Leguminosae - Mimosoideae	NP
ingá-miúdo	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Leguminosae - Mimosoideae	P
monjoleiro	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Leguminosae - Mimosoideae	NP
tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Leguminosae - Mimosoideae	NP
calabura	<i>Muntingia calabura</i> L.	Leguminosae - Papilionoideae	P
embira-de-sapo	<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (Tul.) Malme	Leguminosae - Papilionoideae	NP
feijão-cru	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Leguminosae - Papilionoideae	NP
coração-de-nego	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Leguminosae - Papilionoideae	NP
canjerana	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	NP
cedro-rosa	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	NP
taiúva	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	P
figueira-branca	<i>Ficus guaranítica</i> Chodat	Moraceae	NP
goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	P
pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	NP
uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Myrtaceae	NP
pau-d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	NP
pau-formiga	<i>Triplaris americana</i> L.	Polygonaceae	NP
abiu	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	NP

As espécies utilizadas neste experimento foram selecionadas com base na lista de espécies vegetais registradas nas diferentes fitofisionomias do Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD), (IF, 2003) e classificadas nos grupos ecológicos segundo LORENZI (1992) e CARVALHO (2003).

As sementes utilizadas para a produção das mudas foram coletadas de matrizes existentes em fragmentos da região. A germinação das sementes foi realizada segundo as orientações de LORENZI (1992) e CARVALHO (2003). Como recipiente para a produção das mudas foram utilizados tubetes de polipropileno de 33/27 mm de diâmetro por 125 mm de altura, preenchidos com substrato composto por casca de pinus triturada e vermiculita, misturado com fertilizante Osmocote (4-14-8 e micronutrientes). Foram feitas adubações de cobertura (NPK 4-14-8) a cada 15 dias, a partir do 20º dia após a germinação das sementes.

Os dados foram coletados admitindo-se cada "par de plantas" como uma unidade amostral (réplica). Dentro da área de 3.500 m<sup>2</sup> ocupada por cada tratamento, foram sorteados 50 pares de plantas, compostos de um indivíduo de espécie pioneira e um indivíduo de espécie não pioneira. Para o sorteio, estimou-se que na área amostral representativa de cada tratamento existiriam 215 pares de plantas. Os pares de plantas foram numerados de 01 a 215 e sorteados 50 pares, dos quais foram coletados os dados.

Para a avaliação do desenvolvimento das árvores foram coletados dados de mortalidade, altura e CAC (circunferência à altura do colo), medida a 5 cm da superfície do solo (SILVA, 2002). Os dados de altura das plantas foram coletados com uma régua graduada. O CAC das plantas foi medido com fita métrica, graduada em cm. As plantas mortas foram contabilizadas.

Com o objetivo de comparar o desenvolvimento das plantas ao longo do tempo, foram realizadas duas medições das plantas sorteadas, a primeira em dezembro de 2004 (22 meses após o plantio) e a segunda em dezembro de 2005 (34 meses após o plantio).

Para a análise dos dados foram criadas planilhas no Microsoft Office Excel 2003, contendo os dados coletados em campo. Foram calculadas a altura média das plantas, a área basal total e a mortalidade das mudas plantadas em cada tratamento. A diferença entre os tratamentos foi analisada com o auxílio da permutação de Monte Carlo, por meio de uma macro no programa Microsoft Office Excel (FERRO, 2003).

A permutação de Monte Carlo usa o princípio de agrupar os dados e redistribuí-los aleatoriamente inúmeras vezes. Esta ação cria uma distribuição para comparação entre os dados reais e os dados redistribuídos pela permutação de Monte Carlo. Um aspecto interessante desta análise é a possibilidade de se avaliarem experimentos que não se enquadram na ANOVA.

Foram feitas também análises dos grupos ecológicos, seguindo a mesma rotina descrita anteriormente para cálculo da diferença entre os tratamentos.

No mês de dezembro de 2005 (34 meses após o plantio), foi também realizada coleta de amostras de solo, para a comparação dos teores de nutrientes e da fertilidade entre os diferentes tratamentos. Para a coleta de solo foi utilizado um trado manual. Foram coletadas amostras compostas nas profundidades de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm. Para formar as amostras compostas foram coletadas cinco sub-amostras, que foram homogeneizadas e então retirada uma amostra de 0,5 kg. As amostras foram enviadas a um laboratório comercial de análise de solos.

Na análise de solos, foram determinados os teores de fósforo (P) disponível e remanescente, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), pH, CTC e saturação por bases.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Mortalidade

Na Tabela 2 são apresentados os valores da porcentagem de mortalidade e a significância das diferenças entre os tratamentos para as análises do grupo das pioneiras, do grupo das não-pioneiras e de ambos os grupos, nas coletas de dados aos 22 meses (dezembro de 2004) e aos 34 meses (dezembro de 2005).

Aos 22 e 34 meses a mortalidade entre as pioneiras foi significativamente maior na ausência de guandu (SG), comparada com todos os tratamentos com guandu, ao contrário das não-pioneiras, que foram menos afetadas. Entre as não-pioneiras, aos 22 meses, o tratamento sem guandu (SG) não se diferenciou do tratamento com duas plantas de guandu (2G) e aos 34 meses não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Entre as pioneiras, aos 22 meses, a mortalidade foi decrescente do tratamento sem guandu (SG) para o de corte raso de guandu (CRG), seguido pelo tratamento com uma planta de

**Tabela 2.** Taxa de mortalidade (%) para os diferentes grupos funcionais nos diferentes tratamentos, nos diferentes períodos após o plantio. SG: sem plantio de feijão guandu (testemunha); 1G: raleação aos seis meses, mantendo-se uma planta de feijão para cada muda de árvore; 2G: duas plantas de feijão guandu para cada muda de árvore; CRG: corte raso do feijão guandu aos seis meses.

**Table 2.** Mortality rate (%) for different functional groups in treatments in different periods after planting. SG: Without *Cajanus cajan* (testimony); 1G pruning after 6 months, with one tree of *Cajanus cajan* for each native tree; 2G: two *Cajanus cajan* for each native tree; CRG: full pruning of *Cajanus cajan* after 6 months.

Tratamentos	Taxa de mortalidade (%)					
	Pioneiras		Não Pioneiras		Todas as Espécies	
	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses
SG	92 c	92c	2 a	38 a	47 b	65 c
1G	26 a	26 a	16 b	24 a	21 a	25 a
2G	32 a	52 b	8 ab	32 a	20 a	42 b
CRG	54 b	54 b	40 c	40 a	47 b	47 b

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

guandu (1G) e pelo de duas plantas de guandu (2G), não havendo diferença significativa entre os dois últimos tratamentos. Entre as não-pioneiras, a mortalidade no tratamento corte raso de guandu (CRG) foi superior a todos os outros tratamentos. O corte raso de guandu também foi o único tratamento em que não ocorreu aumento de mortalidade dos 22 aos 34 meses, tanto para pioneiras quanto para não-pioneiras. Considerando ambos os grupos, a taxa de mortalidade duplicou no tratamento com duas plantas de guandu (2G) no período entre 22 e 34 meses, enquanto no tratamento com uma planta de guandu (1G) a mortalidade aumentou em cerca de 20% no mesmo período.

Considerando-se todas as árvores, aos 34 meses, a mortalidade foi significativamente mais elevada no plantio sem guandu (SG) do que nos tratamentos com guandu (1G, 2G e CRG). Nos dois períodos de observações realizadas e nos dois grupos ecológicos de árvores, a menor mortalidade nos tratamentos com guandu sugere um mecanismo geral de facilitação entre o guandu e árvores. Todavia, esta facilitação não foi constante em todos os períodos de avaliação e grupos ecológicos.

Ao contrário do que poderia sugerir a fisiologia de espécies pioneiras e não-pioneiras, as primeiras foram beneficiadas pela proximidade com o feijão guandu, configurando mecanismo de facilitação, enquanto as não-pioneiras foram menos favorecidas.

A alta mortalidade das não-pioneiras que foram submetidas ao corte raso do guandu em 2004 (CRG aos 22 meses) se deveu possivelmente à supressão de um efeito de facilitação entre o guandu e as árvores, que, uma vez adaptadas à sombra, não conseguiram se adaptar à sua ausência, quando o guandu foi cortado. Após esta seleção inicial, as sobreviventes deste tratamento tiveram melhor desempenho mediante os

estresses do campo, já que não foram notadas mortes posteriores de plantas.

O plantio sem guandu resultou em baixa diversidade de espécies não-pioneiras. As espécies *Inga uruguensis*, *Didymopanax morototoni*, *Jacaratia spinosa*, *Anadenanthera falcata*, *Tabebuia chrysotricha* e *Zeyeria tuberculosa* somaram 77,35% dos indivíduos sobreviventes na testemunha (SG), aos 22 meses. Aos 34 meses desde o plantio, as espécies *Inga uruguensis*, *Tabebuia chrysotricha* e *Zeyeria tuberculosa* somavam 67,92% do número total de plantas sobreviventes do tratamento testemunha (SG). Estas espécies tiveram em seus estágios iniciais sobrevivência maior a pleno sol do que as próprias pioneiras. Portanto a baixa diversidade de espécies sobreviventes na área sem guandu afetou a análise, não sendo representadas algumas espécies não-pioneiras.

A aparente facilitação inicial pelas plantas de guandu transformou-se, posteriormente, em inibição, com o aumento de mortalidade, tanto de espécies pioneiras quanto de não-pioneiras, nos tratamentos sombreados, entre os meses 22 e 34, sendo mais intenso este efeito nas parcelas com maior densidade de guandu. Com base neste resultado, considera-se que a raleação das plantas de feijão guandu, quando estiverem em densidades elevadas (duas plantas na entrelinha), deve melhorar o desempenho das árvores nativas.

A mortalidade média das árvores plantadas, considerando todos os tratamentos em ambos os grupos, foi da ordem de 44%, sendo considerada alta em relação à avaliação realizada por Rodrigues (2005), onde a mortalidade foi da ordem de 24,3%. A alta taxa de mortalidade pode ser explicada pela condução deste experimento dentro de uma propriedade rural, em condições ambientais e de manejo representativas da região. Práticas de manejo como o controle das gramíneas invasoras, irrigação e fertilização

poderiam contribuir para a redução da mortalidade, mas não são compatíveis com a disponibilidade de recursos dos produtores rurais do Pontal do Paranapanema.

### Área basal total

Na Tabela 3 são apresentados os valores de área basal total ( $m^2 ha^{-1}$ ) e a significância das diferenças entre os tratamentos para as análises do grupo das pioneiras, do grupo das não pioneiras e de ambos os grupos, nas coletas de dados aos 22 meses (dezembro de 2004) e aos 34 meses (dezembro de 2005). Aos 34 meses, considerando ambos os grupos, os tratamentos 1G e CRG tiveram as maiores áreas basais, em oposição aos SG e 2G, com as menores áreas basais.

As pioneiras, no tratamento sem guandu (SG), mostraram áreas basais significativamente menores que nos tratamentos com feijão guandu aos 22 meses, enquanto que as não-pioneiras com uma planta de guandu (1G) mostraram as maiores áreas basais aos 22 meses. Tanto as pioneiras quanto as não-pioneiras dobraram sua área basal entre 22 e 34 meses, no tratamento em que se efetuou o corte raso do guandu (CRG). Esse aumento foi menor tanto em espécies pioneiras quanto não-pioneiras no tratamento 1G e ainda menor no tratamento 2G. Aos 34 meses, as pioneiras no tratamento sem guandu (SG) mantiveram sua área basal menor, enquanto o crescimento da área basal das não-pioneiras no tratamento CRG teve significativo incremento, aproximando-se do tratamento 1G.

A área basal total é uma estimativa de biomassa e, como tal, sofre influência do tamanho das árvores, assim como da sua quantidade. Muitos processos ecológicos como ciclagem de nutrientes e de água e formação

de microclima estão relacionados com a biomassa arbórea. Sua medição é frequentemente utilizada como estimativa de sucesso da restauração florestal.

Os resultados ao término do estudo indicam que a presença de feijão guandu é um facilitador da restauração, já que dois dos três tratamentos com feijão guandu foram superiores à testemunha. O tratamento com duas plantas de feijão guandu não se mostrou superior à testemunha aos 34 meses, possivelmente por competir com as mudas plantadas, ocasionando aumento de mortalidade das mudas de árvores entre 22 e 34 meses após o plantio.

As pioneiras mostraram área basal superior à das não-pioneiras neste início de restauração, com exceção do tratamento 1G, onde as pioneiras estão semelhantes às não-pioneiras aos 22 meses. A maior área basal das pioneiras é também encontrada em tratamentos com mortalidade maior, como no tratamento CRG aos 34 meses, onde mesmo com uma mortalidade de 54%, as pioneiras tiveram área basal superior ao dobro da área basal das não pioneiras, com mortalidade de 40%.

Os resultados corroboram o que se conhece da fisiologia de pioneiras e não-pioneiras, sendo esperado que a área basal das pioneiras seja maior, devido ao seu crescimento mais rápido e à baixa idade do reflorestamento (entre três e quatro anos).

### Altura média

Na Tabela 4 são apresentados os valores de altura média (m) e a significância das diferenças entre os tratamentos para as análises do grupo das pioneiras, do grupo das não pioneiras e de ambos os grupos, nas coletas de dados aos 22 meses (dezembro de 2004) e aos 34 meses (dezembro de 2005).

**Tabela 3.** Área basal total ( $m^2 ha^{-1}$ ) para os diferentes grupos funcionais nos diferentes tratamentos, nos diferentes períodos após o plantio. SG: sem plantio de feijão guandu (testemunha); 1G: raleação aos seis meses, mantendo-se uma planta de feijão para cada muda de árvore; 2G: duas plantas de feijão guandu para cada muda de árvore; CRG: corte raso do feijão guandu aos seis meses.

**Table 3.** Total basal area ( $m^2 ha^{-1}$ ) for different functional groups in every treatment, in different times after planting. SG: without *Cajanus cajan* (testimony); 1G pruning after six months, with one tree of *Cajanus cajan* for each native tree; 2G: two plants of *Cajanus cajan* for each native tree; CRG: clear cutting of *Cajanus cajan* after six months.

Tratamentos	Área Basal ( $m^2 ha^{-1}$ )					
	Pioneiras		Não Pioneiras		Todas as Espécies	
	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses
SG	0,1444 b	0,2063 c	0,5256 b	0,3521 b	0,6700 c	0,5584 b
1G	1,9252 a	2,9539 ab	1,8053 a	2,5969 a	3,7305 a	5,5508 a
2G	1,5884 a	1,5576 bc	0,4858 b	0,6312 b	2,0742 b	2,1888 b
CRG	1,5470 a	3,0708 a	0,7356 b	1,4376 ab	2,2826 b	4,5084 a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos.

**Tabela 4.** Altura média (m) para os diferentes grupos funcionais nos diferentes tratamentos, nos diferentes períodos após o plantio. SG: sem plantio de feijão guandu (testemunha); 1G: raleação aos seis meses, mantendo-se uma planta de feijão para cada muda de árvore; 2G: duas plantas de feijão guandu para cada muda de árvore; CRG: corte raso do feijão guandu aos seis meses.

**Table 4.** Average height (m) for different functional groups in treatments in different periods after planting. SG: No *Cajanus cajan* (testimony); 1G pruning after six months, one plant of *Cajanus cajan* for each native tree; 2G: two plants of *Cajanus cajan* for each native tree; CRG: clear cutting of *Cajanus cajan* after six months.

Tratamentos	Altura Média (m)					
	Pioneiras		Não Pioneiras		Todas as Espécies	
	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses	22 meses	34 meses
SG	3,10 ab	3,57 ab	1,45 b	1,60 b	1,50 c	1,80 b
1G	3,50 a	3,90 a	2,00 a	2,46 a	2,50 a	3,00 a
2G	2,45 b	2,50 b	1,90 a	2,45 a	2,00 b	2,48 a
CRG	2,20 b	3,10 ab	1,32 b	1,95 ab	1,90 b	2,65 a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos

Nos dois grupos, separadamente, e nas duas épocas, as árvores nos tratamentos sem guandu apresentaram menor altura e as árvores do tratamento 1G foram as mais altas. Na área sem plantio de feijão guandu (SG), ao final do experimento, a altura média das árvores foi significativamente inferior a todos os tratamentos, quando reunidas espécies de ambos os grupos sucessionais, na observação aos 34 meses.

Entre as pioneiras, a proximidade com duas plantas de guandu (2G) as colocou no grupo de menor altura, enquanto colocou as não-pioneiras no grupo das mais altas. A retirada do guandu aos seis meses (CRG) esteve sempre entre os piores tratamentos, tanto para pioneiras quanto para não pioneiras, similar a não utilização do feijão guandu. Reunindo-se todos os tratamentos, aos 34 meses, a altura média das pioneiras foi maior do que a das não-pioneiras e esta diferença foi ainda maior no tratamento sem guandu, onde as pioneiras tiveram altura média de 3,57 m e as não-pioneiras 1,60 m. Ao contrário da área basal total, a altura média não é influenciada pela quantidade de plantas sobreviventes, sendo uma estimativa melhor do crescimento individual das árvores.

O crescimento maior das pioneiras entre o 22° e o 34° mês, em comparação com as não pioneiras, na ausência de guandu, indica ser uma decorrência direta do metabolismo destas espécies, que conseguem aproveitar melhor a insolação direta. Mais do que isso, a proximidade com duas plantas de guandu (tratamento 2G) colocou as pioneiras no grupo das plantas mais baixas, e as não-pioneiras entre as mais altas.

Apesar da média de ambos os grupos conduzir à recomendação do uso do guandu como pioneira em plantios de restauração, o efeito an-

tagônico exercido pelo guandu sobre pioneiras e não-pioneiras conduz à indicação de que o guandu seja plantado somente ao lado de plantas não-pioneiras. Até aos seis meses, o efeito da proximidade com feijão guandu sobre o crescimento em altura das plantas parece ser pequeno ou inexistente. Portanto, é recomendado o uso de uma planta de feijão guandu próximo às mudas de espécies não-pioneiras, por um período de dois a três anos.

#### Análise de solos

Os resultados das análises de solo em cada um dos tratamentos avaliados, nas profundidades da 0-20 cm e 21-40 cm, são apresentados nas Tabelas 5 e 6. As análises realizadas, em geral, mostram valores baixos de fertilidade e pH, características típicas dos solos da região.

Nos tratamentos 1G e 2G, onde o feijão guandu permaneceu até o 34° mês, foram observados os maiores níveis de matéria orgânica nas duas profundidades de coleta, de 0 – 20 cm e de 21 – 40 cm.

Os maiores níveis de nitrogênio total, na profundidade de 0 – 20 cm, foram encontrados nos tratamentos 1G e 2G, onde o feijão guandu permaneceu até o 34° mês. Com relação ao fósforo, nas profundidades de 0 – 20 e 21 – 40 cm, este nutriente encontra-se em maiores quantidades na testemunha.

Aparentemente, as plantas de guandu, uma espécie fixadora de Nitrogênio, fazem aumentar os teores desse nutriente no solo e, também, de matéria orgânica. Por outro lado, utilizam fósforo para seu próprio crescimento, diminuindo a disponibilidade desse nutriente para as espécies nativas. Porém, as observações sobre a influência do guandu sobre as características químicas do solo merecem estudos mais acurados para permitirem análises conclusivas.



**Tabela 5.** Análise de solo na profundidade de 0 – 20 cm. SG: sem plantio de feijão guandu (testemunha); 1G: raleação aos seis meses, mantendo-se uma planta de feijão para cada muda de árvore; 2G: duas plantas de feijão guandu para cada muda de árvore; CRG: corte raso do feijão guandu aos seis meses.

**Table 5.** Soil analysis at 0 – 20 cm depth. SG: Without *Cajanus cajan* (testimony); 1G pruning after six months, one plant of *Cajanus cajan* for each native tree; 2G: two plants of *Cajanus cajan* for each native tree; CRG: clear cutting of *Cajanus cajan* after six months.

Tratamentos	(cmol/dm <sup>3</sup> )				(g/dm <sup>3</sup> )		(mg/dm <sup>3</sup> )		(ml/L)		(cmol/dm <sup>3</sup> )		(%)		(cmol/dm <sup>3</sup> )			
	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	M.O	N <sub>T</sub>	P	P – Rem	CTC PH 7,0	CTC	V%	pH em CaCl <sub>2</sub>	pH em SMP	pH em H <sub>2</sub> O	Acidez Trocável (Al <sup>+3</sup> )	Acidez Potencial (H + Al)	Acidez não trocável (H <sup>+</sup> )		
SG	0,61	0,29	0,10	10,2	0,51	3,89	39,55	3,64	1,12	27,54	4,58	6,85	5,29	0,12	2,64	2,52		
1G	0,70	0,32	0,13	18,9	0,95	2,39	36,84	5,06	1,44	22,69	4,36	6,32	5,10	0,29	3,91	3,62		
2G	0,84	0,38	0,05	17,3	0,87	3,01	38,11	5,21	1,50	24,39	4,40	6,3	5,14	0,23	3,94	3,71		
CRG	0,52	0,20	0,03	7,09	0,35	3,39	39,28	3,54	1,01	21,04	4,33	6,77	5,08	0,26	2,80	2,54		

**Tabela 6.** Análise de solo na profundidade de 21 – 40 cm. SG: sem plantio de feijão guandu (testemunha); 1G: raleação aos seis meses, mantendo-se uma planta de feijão para cada muda de árvore; 2G: duas plantas de feijão guandu para cada muda de árvore; CRG: corte raso do feijão guandu aos seis meses.

**Table 6.** Soil analysis at 21 – 40 cm depth. SG: Without *Cajanus cajan* (testimony); 1G pruning after six months, one plant of *Cajanus cajan* for each native tree; 2G: two plants of *Cajanus cajan* for each native tree; CRG: clear cutting of *Cajanus cajan* after six months.

Tratamentos	(cmol/dm <sup>3</sup> )				(g/dm <sup>3</sup> )		(mg/dm <sup>3</sup> )		(ml/L)		(cmol/dm <sup>3</sup> )		(%)		(cmol/dm <sup>3</sup> )			
	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	M.O	N <sub>T</sub>	P	P – Rem	CTC PH 7,0	CTC	V%	pH em CaCl <sub>2</sub>	pH em SMP	pH em H <sub>2</sub> O	Acidez Trocável (Al <sup>+3</sup> )	Acidez Potencial (H + Al)	Acidez não trocável (H <sup>+</sup> )		
SG	0,77	0,39	0,08	7,88	0,39	1,63	38,98	3,87	1,35	31,93	4,69	6,85	5,39	0,11	2,64	2,53		
1G	0,67	0,31	0,05	7,88	0,39	1,00	37,93	3,96	1,24	26,05	4,49	6,71	5,21	0,21	2,93	2,72		
2G	0,72	0,34	0,03	8,66	0,43	1,51	37,98	3,76	1,26	28,86	4,53	6,83	5,25	0,17	2,68	2,51		
CRG	0,53	0,19	0,03	6,30	0,32	1,26	37,02	3,34	0,97	22,30	4,40	6,87	5,14	0,22	2,60	2,38		

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram interações entre o feijão guandu e as mudas florestais, relacionadas com a densidade de plantio dessa leguminosa e com a duração do período de consorciação.

A consorciação de árvores nativas com feijão guandu proporcionou efeitos positivos em alguns momentos e para algumas espécies florestais; e negativos em outros momentos e para outras espécies, de modo que a primeira hipótese testada não se confirma.

O efeito do feijão guandu sobre as mudas florestais está relacionado com a densidade de plantio, corroborando a segunda hipótese testada.

Para a região e no espaçamento utilizado de 2 m x 4 m entre as mudas florestais, comparando-se os tratamentos avaliados, o tratamento com a proporção de uma cova de feijão guandu (1G) para cada muda de árvore é o mais indicado como catalisador da restauração florestal.

O uso de técnicas agroflorestais e plantios consorciados pode facilitar ou inibir o desenvolvimento de espécies arbóreas em plantios de restauração, em função da densidade das plantas utilizadas no sistema, de modo que práticas de manejo devem ser desenvolvidas para aprimorar essas técnicas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de Mestrado, ao FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente pelos recursos para a implantação dos sistemas avaliados e ao IPÊ pela abertura a iniciativas inovadoras que possibilitou a realização deste experimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDE, T.M. Clues for tropical forest restoration. *Restoration Ecology*, Oxford, v.8, n.4, p.327, 2000.

BELTRAME, T.P.; CULLEN JR., L.; RODELLO, C.M.; LIMA, J.F.; BORGES, H. Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas de reserva legal: um estudo de caso no Pontal do Paranapanema, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2, 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 2003. p.044

BRASIL. Decreto-lei n.11428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. *Diário Oficial*, Brasília, 22 dez.2006.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.

CULLEN JR., L.; BELTRAME, T.P.; LIMA, J.F.; VALLADARES-PADUA, C.; PADUA, S.M. Trampolins ecológicos e zonas de benefício múltiplo: ferramentas agroflorestais para a conservação de paisagens rurais fragmentadas na Floresta Atlântica Brasileira. *Natureza & Conservação*, Curitiba, v.1, n 1, p.37-46, 2003.

DITT, E.H. *Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema*. São Paulo: Annablume/IPÊ/IIEB, 2002. 140p.

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Revista agropecuária brasileira*, Brasília, v.34, n.9, p.1593-1600, 1999.

FERRO, M.S. *Efeito do plantio de eucaliptos em fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema*, SP. 2003. 34p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.br>> Acesso em 13/12/2005.

IF – INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. *Plano de Manejo do Parque Estadual do Morro do Diabo: espécies vegetais registradas nas diferentes fitofisionomias do PEMD*. São Paulo: SMA / IPE, 2003.

ITESP - INSTITUTO DE TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Pontal Verde: plano de recuperação ambiental nos assentamentos do Pontal do Paranapanema. *Cadernos ITESP*, São Paulo, n.2, p.1-75, 1999.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368p.

- RODRIGUES, E.R. **Estratégia agroflorestral para a recuperação de áreas de reserva legal em assentamentos de reforma agrária: um estudo de caso no Pontal do Paranapanema, São Paulo.** 2005. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SÃO PAULO. Resolução n.44, de 30 de junho de 2008. Define critérios e procedimentos para a implantação de sistemas agroflorestais. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 jun. 2008.
- SCHROTH, G.; FONSECA, G.A.B.; HARVEY, C.A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H.L.; IZAC, A.M.N. **Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes.** Washington: Island Press, 2004. 523p.
- SILVA, P.P.V. **Sistemas agroflorestais para a recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP.** 2002. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- SILVA, P.P.V.; VIANA, V.M. Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares. **Agroecologia Hoje**, Florianópolis, v.3, n.15, p.21–24, 2002.
- SMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. **Pontal do Paranapanema: zoneamento ecológico-econômico.** São Paulo, 1999.
- SOUZA, F.A.; TRUFEM, S.F.B.; ALMEIDA, D.L.; SILVA, E.M.R.; GUERRA, J.G.M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inoculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção de mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1913-1923, 1999.
- URBANSKA, K.M. Safe sites: interface of plant population ecology and restoration ecology. In: URBANSKA, K.M.; WEBB, N.R.; EDWARDS, P.J. **Restoration ecology and sustainable development.** Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p.81-110.
- VALLADARES-PÁDUA, C.; PÁDUA, S.M.; CULLEN, L.; DITT, H.M. Módulos agroflorestais na conservação de fragmentos florestais da Mata Atlântica. **Revista Experiências PDA**, Brasília, v.2, p.7-33, 2002.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.

Recebido em 27/11/2007

Aceito para publicação em 18/03/2009

## **INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)**

José Maria de Arruda Mendes Filho (Votorantim Celulose e Papel) - Presidente

Armando José Storni Santiago (International Paper do Brasil Ltda.) - Vice-Presidente

### **Empresas Associadas Mantenedoras / Partners**

- » Aracruz Celulose S.A.
- » Arauco Florestal Arapoti S.A.
- » Arborgem Ltda.
- » ArcelorMittal Florestas Ltda
- » ArcelorMittal Jequitinhonha
- » Caxuana S/A Reflorestamento
- » Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA
- » Consórcio Paulista de Papel e Celulose - Conpacel
- » Copener Florestal / Bahia Pulp
- » Derflin Agropecuária Ltda. (Stora Enso)
- » Duratex S.A.
- » Eucatex S/A Indústria e Comércio
- » International Paper do Brasil Ltda.
- » Jari Celulose S/A
- » Klabin S.A.
- » Lwarcel Celulose e Papel Ltda.
- » Masisa do Brasil Ltda.
- » Nobrecel S.A. Celulose e Papel
- » Ramires Reflorestamentos Ltda.
- » Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda.
- » Satipel Florestal
- » Suzano Papel e Celulose S.A.
- » Veracel Celulose S.A.
- » Votorantim Celulose e Papel S/A
- » V&M Florestal