

## Manejo Florestal no bioma Cerrado: uma opção para conservar e lucrar

Forest Management in the Cerrado biome: an option to conserve and to profit

Fabio Venturoli<sup>1</sup>, Fabrício Alvim Carvalho<sup>2</sup>, Carlos de Melo e Silva Neto<sup>3</sup>,  
Douglas César de Moraes<sup>4</sup>, Thalles Oliveira Martins<sup>5</sup> e Denys Melo Souza<sup>4</sup>**Resumo**

Diminuir a densidade arbórea na floresta promove o incremento diamétrico das espécies e, como técnica silvicultural, pode reduzir os ciclos de corte para a exploração. Nesse contexto, porém, as Florestas Estacionais encravadas no bioma Cerrado são pouco estudadas a despeito da importância consolidada de suas madeiras para o mercado. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os incrementos periódicos anuais (IPA) em diâmetro de espécies florestais em razão de intervenções silviculturais de supressão da competição, em uma Floresta Estacional Semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás, ao longo de dez anos. Foram considerados dois períodos de avaliação, um com a manutenção periódica semestral dos tratamentos (2003 a 2007) e o outro sem esta manutenção (2007 a 2013). Os tratamentos consistiram de supressão da vegetação arbórea e cipós em uma área com raio de um metro em relação a cada árvore de interesse; e foram aleatoriamente empregados em 12 parcelas de 25 x 30 metros ao longo de um gradiente de umidade. Entre os tratamentos o IPA nos dois períodos de avaliação variou de 0,22cm.ano<sup>-1</sup> para 0,21cm.ano<sup>-1</sup> na área controle; de 0,26cm.ano<sup>-1</sup> para 0,23cm.ano<sup>-1</sup> na área onde ocorreu somente a supressão da competição (T2); e de 0,27cm.ano<sup>-1</sup> para 0,22cm.ano<sup>-1</sup> na área sob supressão da competição associada ao corte de cipós (T3). Em nível populacional verificou-se que as espécies responderam diferentemente às intervenções silviculturais, mas também foram encontradas associações dos incrementos periódicos anuais com os tratamentos silviculturais. Os menores IPA's entre 2007 e 2013 em relação aos IPA's entre 2003 e 2007 comprovaram a eficácia das intervenções silviculturais em favorecer o crescimento radial das árvores e ressaltaram a importância dos estudos populacionais em compor o manejo florestal. Demonstrou-se uma alternativa de uso para essas florestas que pode combinar com as tendências de mercado associadas a créditos de carbono e à redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal, convergindo à adequação da propriedade ao Código Florestal Brasileiro.

**Palavras-chave:** Floresta estacional; intervenções silviculturais; ecologia.

**Abstract**

Decreasing the tree density in the forest promotes the diameter increment and, as a silvicultural technique, can reduce cutting cycles for exploration. In this context, however, semi-deciduous forests in Cerrado biome are little studied despite of their importance in the timber market. The objective of this research was to evaluate the diameter periodic annual increments (PAI) of the trees due to silvicultural interventions of the competition suppression in a secondary semi-deciduous forest in Pirenópolis, Goiás, Brazil, over ten years. Two evaluation periods, with the biannual periodic maintenance treatments (2003-2007) and the other without this maintenance (2007-2013), were considered. Treatments consisted in the removal of vegetation within a radius of one meter of the trees, associated or not to lianas cutting, and a control; and were randomly distributed in 12 plots of 25 x 30 meters along a moisture gradient. Between treatments, in both the periods of evaluation, the PAI ranged from 0.22cm.year<sup>-1</sup> to 0.21cm.year<sup>-1</sup> in the control area; 0.26cm.year<sup>-1</sup> to 0.23cm.year<sup>-1</sup> in the area under the suppression of competition (T2); and 0.27cm.year<sup>-1</sup> to 0.22cm.year<sup>-1</sup> in the area under the suppression of competition associated with liana cutting (T3). At the populations level it was found that the species increased differently from each other, but associations of the diameters periodic annual increments with the silvicultural treatments were also found. Smaller PAI between 2007

<sup>1</sup>Professor Doutor do Departamento de Engenharia Florestal. UFG - Universidade Federal de Goiás. Rod Goiânia / Nova Veneza KM 0 Campus Samambaia - 74690-900 - Goiânia, GO. E-mail: [fabioventuroli@gmail.com](mailto:fabioventuroli@gmail.com).

<sup>2</sup>Professor Adjunto do Departamento de Botânica. UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora. Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário São Pedro - 36036900 - Juiz de Fora, MG. E-mail: [fabricaoalvim@gmail.com](mailto:fabricaoalvim@gmail.com).

<sup>3</sup>Doutorando no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção vegetal). UFG - Universidade Federal de Goiás. Rod Goiânia / Nova Veneza KM 0 Campus Samambaia - 74690-900 - Goiânia, GO. E-mail: [carloskoa@gmail.com](mailto:carloskoa@gmail.com).

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal, ProFloresta. UFG - Universidade Federal de Goiás. Campus Samambaia - 74690-900 - Goiânia - GO. E-mail: [douglasflorestal@hotmail.com](mailto:douglasflorestal@hotmail.com); [denysmelosouza@yahoo.com.br](mailto:denysmelosouza@yahoo.com.br)

<sup>5</sup>Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. UnB - Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro - 70910-900 - Brasília, DF. E-mail: [thallesflorestal@hotmail.com](mailto:thallesflorestal@hotmail.com).

and 2013 in relation to PAI between 2003 and 2007 confirmed the efficacy of silvicultural interventions in favor to the radial growth of trees and stressed the importance of population studies in composing the forest management. It was demonstrated that this treatment poses an alternative of management for these forests, that can combine with market trends related to carbon credits and reducing emissions from deforestation and forest degradation, converging to the suitability and obeisance of the Brazilian Forest Code.

**Keywords:** Semi-deciduous forest; silvicultural treatments; ecology.

## INTRODUÇÃO

No Cerrado, o funcionamento dos ecossistemas recebe influência da sazonalidade climática, de queimadas e da escassez de nutrientes essenciais. As diferentes formas da vegetação são consequência direta de gradientes edáficos associados a variações geomorfológicas, como profundidade efetiva, presença de concreções no perfil, altura do lençol freático, drenagem e fertilidade (EITEN, 1972; HARIDASAN, 2005). Em decorrência disso, grande parte dos ecossistemas pode desenvolver aparência escleromórfica, permitindo, associá-lo exclusivamente a ambientes savânicos. No entanto, as formações florestais do bioma Cerrado são expressivas, mesmo cobrindo menor extensão, como é o caso das Florestas de Galeria associadas aos cursos d'água e das Florestas Decíduas e Semidecíduas que ocorrem sobre afloramentos de rochas calcárias ou derramamentos basálticos de alta fertilidade (FELFILI, 2001).

As florestas decíduas e semidecíduas são caracterizadas, principalmente, pela ocorrência de espécies arbóreas que perdem as folhas durante uma parte da estação seca do ano (MURPHY; LUGO, 1986). Na zona tropical ocorrem onde a temperatura média anual situa-se acima de 17°C, com a pluviosidade variando de 200 a 2.500mm anuais (MURPHY; LUGO, 1986).

Essas florestas compreendem hoje um ecossistema terrestre tropical altamente ameaçado de extinção, pois seus solos férteis são os preferidos para a agricultura, pecuária e para a mineração, por fábricas de cimento e calcário (SCARIOT; SEVILHA, 2005).

Outros fatores também põem em risco as florestas estacionais, como as queimadas anuais, a invasão por animais como o gado, espécies invasoras, o corte raso para a produção de carvão vegetal e a exploração seletiva de madeiras nobres como *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Cedrela fissilis* Vell., *Tabebuia* spp., *Handroanthus* spp. e *Aspidosperma* spp.; além da extração de cascas, frutos e sementes. Estão ainda rodeadas por terras ocupadas por monoculturas exóticas que são tratadas com produtos químicos (fertilizantes e

agrotóxicos) (FELFILI, 2003). Complementarmente, existem riscos associados às mudanças climáticas, sendo poucas as áreas destinadas à conservação e à proteção dessas matas no mundo (MILES et al., 2006).

A exploração seletiva de madeiras, com o subsequente abandono da área leva à formação da capoeira. As capoeiras são formações florestais em estágio de sucessão secundária que comumente apresentam alta densidade de árvores baixas e finas; possuem alto índice de área foliar, devido à alta produtividade primária líquida; têm menor riqueza arbórea, sendo ricas em lianas e em espécies exóticas invasoras e, em geral, as espécies de valor comercial não apresentam indivíduos de grande porte (LAMPRECHT, 1990).

O aproveitamento racional de florestas está ligado a técnicas silviculturais baseadas na ecologia das espécies individualmente, pois essas possuem requerimentos ecológicos distintos e respondem diferentemente a intervenções silviculturais (FREITAS, 2004). Diante disso, uma prática que tem sido muito utilizada em florestas tropicais pluviais é o manejo florestal de impacto reduzido (Reduced Impact Logging – RIL), que consiste em medidas pré e pós-exploração destinadas a proteger a regeneração natural, minimizar danos ao solo e proteger os processos nos ecossistemas, como hidrologia, fertilidade do solo e sequestro de carbono (PUTZ et al., 2008).

Alguns autores afirmam que o emprego do manejo florestal de impacto reduzido constitui um passo importante para alcançar os objetivos do manejo florestal sustentável, mas por si só não é suficiente, pois o método silvicultural adotado, a intensidade de exploração, os ciclos de corte estipulados e a produtividade da floresta devem ser considerados (HOLMES et al., 2002; SIST et al., 2003; KARSTEN et al., 2014)

No Brasil, os estudos e aplicações do manejo florestal de impacto reduzido estão concentrados na Amazônia, sendo poucas as aplicações nas florestas do bioma Cerrado. Diante disso, verifica-se a necessidade de serem incentivados, pois as florestas estacionais contribuem no mercado madeireiro, sobretudo, em níveis local e regional, pois contêm espécies que fornecem

madeiras de alta qualidade, úteis na propriedade rural, na construção civil e em movelaria; sendo aproveitadas também para a produção de energia (PEREIRA et al., 2011).

A ideia de realizar uma investigação sobre a aplicação de técnicas de manejo de impacto reduzido em uma floresta estacional no Brasil Central surgiu com a constatação de que muitas pequenas propriedades nessa região contêm remanescentes dessas florestas em adiantado estágio de regeneração (NÓBREGA; ENCIÑAS, 2006) e que podem ser manejadas. O Objetivo é conservá-las pela alternativa de uso sustentável do recurso florestal.

Neste estudo, as intervenções silviculturais adotadas como práticas de manejo da floresta foram baseadas na presunção clássica de que as taxas de crescimento das árvores estão diretamente relacionadas à exposição da copa à luz solar e inversamente relacionadas à densidade de indivíduos no interior da floresta (WADSWORTH; ZWEEDE, 2006; ROCKWELL et al., 2007). As operações de extração pautaram-se pelos princípios do manejo de impacto reduzido (DYKSTRA, 2002), conseguido retirando-se manualmente e cuidadosamente de dentro da floresta as toras e os galhos cortados durante a exploração.

Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi analisar o incremento diamétrico de espécies florestais em razão de intervenções silviculturais de supressão da competição e corte de cipós, em uma Floresta Estacional Semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás, ao longo de dez anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A floresta em estudo localiza-se no município de Pirenópolis, Goiás (15°49'S, 48°59'W), a uma altitude média de 770 metros acima do nível médio do mar.

O clima na região enquadra-se no tipo Aw (Köppen) (NIMER, 1989). A temperatura média anual no município é de 22°C e a precipitação média anual é de 1.800mm, com um período de estiagem que ocorre anualmente de maio a agosto (INMET, 2014).

A vegetação da área de estudo pertence à Floresta Estacional de encosta sobre Neossolo Litólico (IBGE, 2001), e sofre a influência de um gradiente ambiental definido pela proximidade de um córrego em um extremo e um Cerrado sentido restrito no outro extremo, nas partes mais altas do relevo.

Em abril de 2003 foram instaladas 12 parcelas de 25m x 30m adjacentes umas às outras, i.

é. lindeiras entre si. Foram identificados todos os indivíduos que apresentavam diâmetro à altura do peito (1,3m de altura) maior ou igual a três centímetros ( $DAP \geq 3\text{cm}$ ). Essa amostragem permitiu uma ordenação por *Detrended Correspondence Analysis* (DCA) para espacializar a composição florística em relação ao gradiente de umidade, conforme Kent (2012).

A DCA definiu o delineamento experimental em blocos casualizados (FELFILI et al., 2005) seguindo a seguinte distribuição:

- BLOCO I: ambiente de maior influência ripária (distante 60 metros do córrego), denominado ambiente Ripário.

- BLOCO II: ambiente sob menor influência ripária do que no bloco I (distante 90 metros do córrego), denominado ambiente Intermediário.

- BLOCO III; menor influência ripária e maior distância ao córrego, denominado Mata Seca.

- BLOCO IV: transição floresta-cerrado, ambiente mais seco, denominado Cerrado.

Após o inventário da comunidade as espécies foram identificadas e classificadas, medindo-se as árvores consideradas desejáveis, para então proceder à aplicação dos tratamentos silviculturais.

Foram classificadas como desejáveis as árvores que possuíam  $DAP \geq 3\text{cm}$  e que apresentavam boas características silviculturais, como fuste retilíneo e copa bem formada; estando aparentemente sadias, sem problemas fitossanitários visíveis. Estas foram numeradas sequencialmente com placas de alumínio, totalizando 2.670 árvores distribuídas em 143 espécies, pertencentes a 18 famílias botânicas (VENTUROLI, 2015).

## Dendrometria

Os diâmetros foram mensurados com Suta e as alturas com Clinômetro eletrônico.

As avaliações ocorreram em abril de 2003, dezembro de 2007 e em junho de 2013, medindo-se todas as árvores marcadas que se encontravam vivas.

A distribuição diamétrica da comunidade arbórea permitiu dividi-la em três grupos mantendo-se a regularidade na estrutura florestal ao longo do tempo: (1) árvores com  $DAP < 10\text{cm}$ ; (2) árvores com  $DAP$  maior ou igual a 10cm e menor do que 20cm ( $10\text{cm} \leq DAP < 20\text{cm}$ ); e (3) árvores com  $DAP$  maior ou igual a 20cm ( $DAP \geq 20\text{cm}$ ).

Foram calculados os incrementos periódicos anuais (IPA) das espécies em cada uma das parcelas experimentais.

O incremento periódico anual das espécies foi relacionado à condição de luz das parcelas por Análise de Componentes Principais (PCA), buscando-se encontrar padrões de crescimento radial das espécies que pudessem estar relacionados aos ambientes e aos tratamentos silviculturais.

Foram analisados os valores de IPA das espécies que ocorreram em pelo menos 60% das parcelas experimentais. Com isso, foram estudadas 33 espécies, que corresponderam a 23% do total de espécies e a 70% dos indivíduos inventariados na área.

Esse nível de corte resultou em similaridade florística entre as parcelas experimentais superior a 68% pelo Índice de Sorensen e foi importante para garantir a aditividade entre as parcelas experimentais, evitando-se vieses na comparação entre os tratamentos (VIVALDI, 1999).

Os valores de IPA obtidos para cada espécie foram analisados por Análises de Componentes Principais (PCA) nos dois períodos de avaliação, entre 2003 e 2007 e entre 2007 e 2013. Portanto, buscou-se padrões nos incrementos relacionados aos tratamentos silviculturais.

### Tratamentos Silviculturais

Foram os seguintes os tratamentos silviculturais analisados:

- "Tratamento" 1 (T1) - testemunha;
- Tratamento 2 (T2) - supressão de competição. As árvores que se encontravam dentro de um raio de um metro em relação a cada árvore desejável foram suprimidas;
- Tratamento 3 (T3) - idem ao T2 acrescentando-se o corte de cipós em toda a parcela.

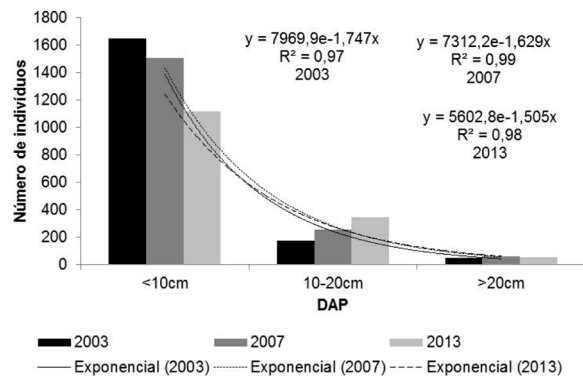
Entre os anos de 2003 e 2007 (56 meses), semestralmente as rebrotas de árvores e de cipós cortados na instalação do experimento foram novamente removidas visando à manutenção do experimento. Entre 2008 e 2013 (66 meses) este procedimento não foi executado.

### Densidade de fluxo de fótons (DFF)

As intervenções silviculturais foram suficientes para modificar o ambiente de luz no sub-bosque da floresta, conforme estudo de Venturoli et al., (2012). Esses autores encontraram que, em média, 77% da DFF (luz solar) ficou retida no dossel na estação seca e 97,5% na estação chuvosa, com diferenças significativas entre os tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição diamétrica das espécies estudadas, em 2003, 2007 e em 2013, foi ajustada a uma curva exponencial negativa. A maioria das árvores encontrava-se com menos do que dez centímetros em DAP nas três avaliações: eram 88% em 2003, 82% em 2007 e 73% em 2013, mudando gradualmente o número de indivíduos em cada classe de DAP ao longo do tempo (Figura 1).



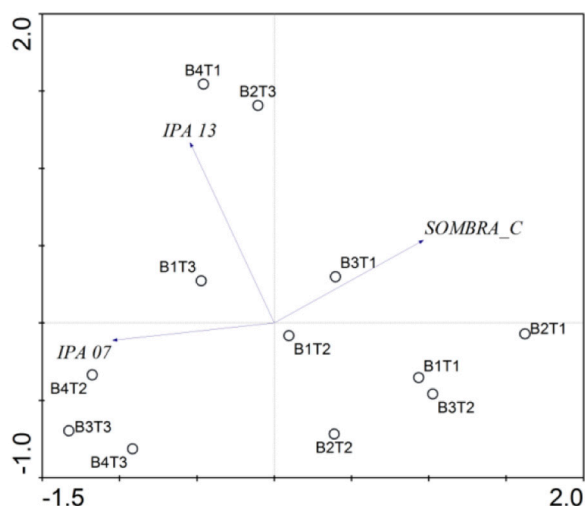
**Figura 1.** Distribuição diamétrica de 33 espécies, que representaram 70% dos indivíduos mensurados na Floresta Estacional Semidecídua, em Pirenópolis, Goiás, nos anos de 2003, 2007 e 2013.

**Figure 1.** Diametric distribution of 33 species (70% of individuals measured) in semideciduous forest in Pirenópolis, Goiás, in the years 2003, 2007 and 2013.

Ao longo do tempo, o número de indivíduos diminuiu na primeira classe de DAP (DAP < 10cm) e aumentou nas classes intermediária (10cm ≤ DAP < 20cm) e superior (DAP ≥ 20cm). Em 2003, as árvores com os maiores DAP representavam 2,6% da comunidade, em 2007 essas eram 3,1% e em 2013 correspondiam a 3,6% da comunidade arbórea.

Em média o incremento periódico anual da comunidade florestal entre 2003 e 2007 foi 0,26cm.ano<sup>-1</sup> (22,84%). No período de 2007 a 2013 o IPA médio correspondeu a 0,22cm.ano<sup>-1</sup>. Entre os tratamentos silviculturais o IPA nos dois períodos de avaliação variou de 0,22cm.ano<sup>-1</sup> para 0,21cm.ano<sup>-1</sup> na área controle; de 0,26cm.ano<sup>-1</sup> para 0,23cm.ano<sup>-1</sup> na área onde ocorreu somente a supressão de competição (T2); e de 0,27cm.ano<sup>-1</sup> para 0,22cm.ano<sup>-1</sup> na área sob supressão de competição mais corte de cipós (T3).

A Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou que a variação no IPA refletiu tanto o gradiente de umidade como os tratamentos silviculturais (Figura 2). Dessa forma, a hipótese experimental não foi rejeitada, constatando-se a associação entre os incrementos diamétricos das espécies e os tratamentos silviculturais nos dois períodos de avaliação independente do ambiente.



**Figura 2.** Diagrama de ordenação por Análise de Componentes Principais dos incrementos periódicos anuais de 2003 a 2007 (IPA 07) e de 2007 a 2013 (IPA 13) em relação aos tratamentos silviculturais de supressão da competição (T2) e supressão da competição corte de cipós (T3), além da testemunha (T1), nos diferentes ambientes da comunidade florestal (blocos de B1 a B4). O vetor SOMBRA\_C representa a porcentagem de sombreamento no sub-bosque na estação chuvosa.

**Figure 2.** Diagram of ordination by Principal Component Analysis of periodic annual increments from 2003 to 2007 (IPA 07) and 2007-2013 (IPA 13), according to the silvicultural treatments: suppression of the competition (T2), suppression of competition with cutting lianas (T3) and the control (T1), in the different environments of community forestry [blocks (B1 to B4)]. The SOMBRA\_C vector represents the percentage of shade in the understory in the rainy season.

Nas áreas controle (T1), os incrementos diamétricos das espécies foram menores do que os incrementos encontrados nas áreas sob algum tratamento; seja de supressão de competição (T2), seja de supressão de competição mais o corte de cipós (T3). Isso foi verificado pelo posicionamento do tratamento 1 (T1) de maneira oposta aos vetores de IPA associados aos tratamentos, tanto em 2007 como em 2013, com exceção do bloco 4 (Figura 2).

Na testemunha a densidade de fluxo de fótons no sub-bosque foi menor comparativamente às áreas sob intervenções, o que foi indicado pela proximidade do vetor de sombra na estação

chuvosa (SOMBRA C) às parcelas controle (T1), independentemente do ambiente florestal, com exceção, novamente, do bloco 4, ambiente composto pelo Cerrado e naturalmente com menor cobertura de dossel (Bloco 4).

No Cerrado (Bloco 4), em 2007, os tratamentos silviculturais promoveram um aumento no incremento das espécies de 14,34%, sob supressão de competição (T2), e de 30,96%, sob supressão de competição mais corte de cipós (T3), em relação ao incremento mensurado na ausência de tratamento (T1): 0,20cm.ano<sup>-1</sup>. Entretanto, em 2013, o incremento avaliado na ausência de tratamento (T1): 0,24cm.ano<sup>-1</sup> foi 0,37% e 25,58% maior do que os incrementos associados a ambos os tratamentos, de supressão de competição (T2) e este mais corte de cipós (T3), respectivamente.

Na Mata Seca (Bloco 3), em 2007, o maior incremento esteve associado à supressão de competição mais corte de cipós (T3): 0,322cm.ano<sup>-1</sup>. No entanto, o incremento na área controle (0,28cm.ano<sup>-1</sup>) foi 7,6% maior do que o incremento associado ao tratamento de supressão de competição (T2): 0,26cm.ano<sup>-1</sup>. Já em 2013, o maior IPA esteve associado à supressão da vegetação (T2): 0,26cm.ano<sup>-1</sup>, sendo 30% maior do que o IPA em T3 (supressão de competição mais corte de cipós: 0,20cm.ano<sup>-1</sup>) e 8,33% maior do que o IPA em T1 (controle: 0,24cm.ano<sup>-1</sup>).

Na área Intermediária (Bloco 2), em 2007 o maior IPA ficou associado à supressão de competição (T2): 0,2537cm.ano<sup>-1</sup>. Esse valor foi 36,77% superior ao encontrado na área controle (0,18cm.ano<sup>-1</sup>) e 8,73% maior do que o IPA sob o tratamento 2, de supressão de competição: 0,23cm.ano<sup>-1</sup>. Em 2013, o maior IPA ficou associado à supressão de competição mais corte de cipós (T3): 0,23cm.ano<sup>-1</sup>, 28,28% maior do que o IPA no controle (T1): 0,18cm.ano<sup>-1</sup> e 21,28% maior do que o IPA de T2 (supressão de competição): 0,19cm.ano<sup>-1</sup>.

Na Zona Ripária (Bloco 1), em 2007 foi verificado que a supressão de competição foi suficiente para promover um aumento de 21,76% no IPA das espécies em relação à área controle: 0,23cm.ano<sup>-1</sup>, mas de somente 5,24% em relação à supressão de competição mais o corte de cipós: 0,27cm.ano<sup>-1</sup>. Em 2013 foi observado o mesmo comportamento, como IPA associado à supressão de competição 23,95% maior do que o encontrado na área controle (0,20cm.ano<sup>-1</sup>) e somente 4,43% superior ao IPA associado à supressão de competição mais corte de cipós.

Os IPA's associados aos tratamentos foram superiores aos IPA's das áreas controle, especialmente em 2007, com a manutenção do experimento. Nas áreas naturalmente mais abertas, no Bloco 4 (Cerrado), o IPA foi alto tanto nos tratamentos como na área controle. Nos demais blocos, o IPA foi favorecido pelos tratamentos, ou seja, as intervenções silviculturais favoreceram o IPA das espécies. Porém, em 2013, sem a manutenção dos tratamentos, o IPA das espécies nas parcelas sob intervenções apresentou tendência a se igualar ao IPA das espécies nas áreas controle, em todos os Blocos.

O tratamento que combinou a supressão de competição e o corte de cipós (T3) esteve sempre ao lado dos vetores de incrementos (IPA 07; IPA 13) no diagrama de ordenação por PCA, indicando maiores incrementos diamétricos associados à supressão de competição mais corte de cipós, nos dois períodos em avaliação, mesmo sem a manutenção dos tratamentos entre 2007 e 2013.

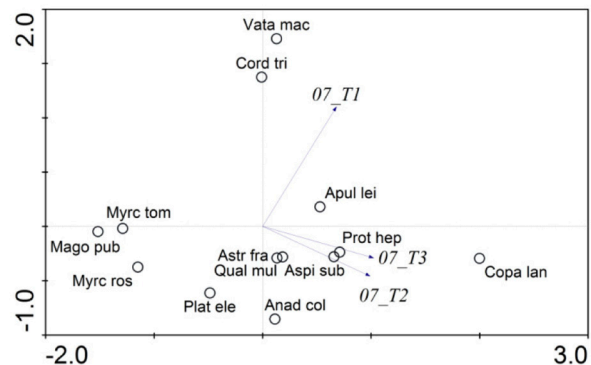
Já o tratamento relacionado à supressão de competição (T2) ficou sempre posicionado na parte inferior do diagrama de ordenação e, dessa forma, os IPA's das espécies foram menores do que os encontrados no tratamento 3, com exceção do Bloco 4, no Cerrado.

Por outro lado, nas parcelas controle (T1), sem qualquer intervenção silvicultural, o IPA das espécies foi sempre mais baixo em relação ao IPA associado aos tratamentos, nos dois períodos avaliados. Além disso, o IPA ficou associado ao vetor de sombra no diagrama de ordenação, corroborando a eficiência dos tratamentos silviculturais em promover a abertura do dossel e o incremento diamétrico das espécies arbóreas.

Verificou-se ainda que as espécies responderam diferentemente às intervenções silviculturais. Todavia, também foram encontradas associações entre os incrementos periódicos anuais e os tratamentos silviculturais (Figura 3).

Entre 2003 e 2007, nas áreas controle [sem intervenções (T1)], *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. apresentaram os maiores incrementos diamétricos:  $0,32\text{cm.ano}^{-1}$  e  $0,47\text{cm.ano}^{-1}$ , respectivamente. Por outro lado, nas áreas sob intervenções silviculturais *Copaifera langsdorffii* Desf., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand e *Aspidosperma subincanum* Mart. ex A. DC. apresentaram os maiores incrementos diamétricos. *C. langsdorffii*:  $0,42\text{cm.ano}^{-1}$  em T2 (supressão de competição) e  $0,67\text{cm.ano}^{-1}$  em T3 (supressão de competição e corte de cipós); *P. hepta-*

*phyllum*:  $0,28\text{cm.ano}^{-1}$  em T2 e  $0,36\text{cm.ano}^{-1}$  em T3; e *A. subincanum*:  $0,35\text{cm.ano}^{-1}$  em T2 e  $0,26\text{cm.ano}^{-1}$  em T3.



**Figura 3.** Diagrama de ordenação por Análise de Componentes Principais com os incrementos periódicos anuais das espécies em cada tratamento silvicultural: supressão de competição (T2) e supressão de competição corte de cipós (T3), além da testemunha (T1); referentes ao período de 2003 a 2007, indicado pelo número 07 nos vetores de IPA. As espécies estão representadas pelas primeiras letras do binômio.

**Figure 3.** Diagram of ordering by Principal Component Analysis with the periodicals annual increments of the species in each silvicultural treatment: suppression of competition (T2), suppression of competition plus cutting lianas (T3) and the control (T1), for the 2003 to 2007 period, number 07 in the IPA vectors. Species are represented by the first letters of the binomial.

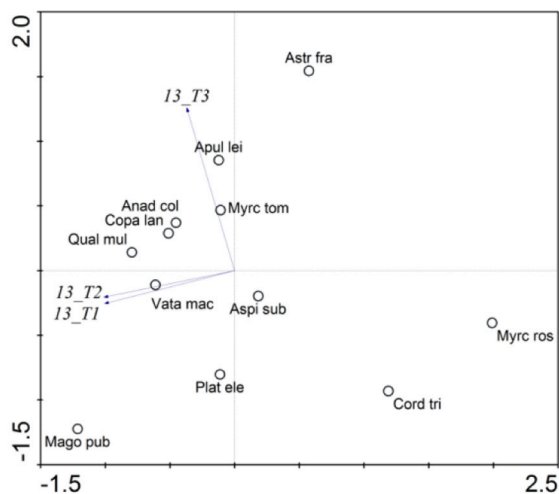
Os incrementos periódicos anuais (IPA's) de *Myrcia rostrata* DC., *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. e *Magonia pubescens* A. St.-Hil. não estiveram associados aos tratamentos silviculturais e foram inferiores aos IPA's das demais espécies. *Platypodium elegans* Vogel e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan apresentaram menores IPA's nas áreas controle e maiores IPA's associados aos tratamentos, mas os valores foram inferiores aos de *Copaifera langsdorffii*, *Protium heptaphyllum* e *Aspidosperma subincanum*, espécies que responderam pelos maiores IPA's, independentemente do tratamento.

No período em que o experimento não sofreu a manutenção dos tratamentos silviculturais, entre 2007 e 2013 (Figura 4), o IPA das espécies associado aos tratamentos se aproximou ao IPA das espécies da área controle. Nesse período, o maior incremento diamétrico foi observado em *Magonia pubescens*:  $0,19\text{cm.ano}^{-1}$ , seguido por um IPA de  $0,33\text{cm.ano}^{-1}$  em *Astrogramma fraxinifolium* Schott e de  $0,17\text{cm.ano}^{-1}$  em *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr., todos associados ao tratamento 3, onde houve supressão de competição e corte de cipós (T3).



*Vatairea macrocarpa*, *Aspidosperma subincanum*, *Plathypodium elegans*, *Qualea multiflora* Mart., *Copaifera langsdorffii* e *Anadenanthera colubriuna* apresentaram maiores incrementos diamétricos associados à área controle e à área onde ocorreu somente a supressão de competição (T2), sendo que os IPA's dessas espécies foram similares entre esses dois tratamentos: controle (T1) versus supressão de competição (T2).

Ainda referente ao segundo período de avaliação, entre 2007 e 2013, *Cordia trichotoma* e *Myrcia rostrata* apresentaram IPA's próximos a zero em todos os tratamentos e na testemunha.



**Figura 4.** Diagrama de ordenação por Análise de Componentes Principais com os incrementos periódicos anuais das espécies em cada tratamento silvicultural: supressão de competição (T2) e supressão de competição corte de cipós (T3), além da testemunha (T1); referentes ao período de 2007 a 2013, indicado pelo número 13 nos vetores de IPA. As espécies estão representadas pelas primeiras letras do binômio.

**Figure 4.** Diagram of ordination by Principal Component Analysis with the periodicals annual increments of the species in each silvicultural treatment: suppression of competition (T2), suppression of competition plus cutting liana (T3) and the control (T1), for the 2007 to 2013 period, number 13 in the IPA vectors. Species are represented by the first letters of the binomial.

O ajuste da distribuição diamétrica a uma curva exponencial negativa sugere regularidade estrutural da floresta ao longo do tempo, enquadrando-a como uma comunidade estável e autorregenerativa (RICHARDS, 1996). Com isso, as mudanças no número de indivíduos entre as classes de DAP ocorreram em razão do crescimento radial das árvores, o que levou à diminuição no número de indivíduos na primeira classe de diâmetro (DAP < 10cm).

Considera-se ainda que o manejo florestal estudado não influenciou o recrutamento dos

indivíduos arbóreos de menor porte, haja vista que um estudo de Venturoli et al (2011), sobre a regeneração natural neste mesmo fragmento florestal sob manejo, não mostrou relações entre os tratamentos silviculturais e a regeneração natural, corroborando a hipótese.

O menor IPA diamétrico da comunidade no segundo período de avaliação (entre 2007 e 2013), em relação ao IPA diamétrico entre 2003 e 2007, comprovou a eficácia das intervenções silviculturais em favorecer o crescimento radial das árvores desejáveis, como proposto por Wadsworth e Zweede (2006) e por Rockwell et al. (2007). Neste caso, é importante notar que no segundo período também houve efeito dos tratamentos silviculturais no IPA diamétrico das espécies, mas, este foi devido à manutenção das intervenções silviculturais ocorrida ao longo de todo o primeiro período.

Essa manutenção reduziu a competição para as árvores desejáveis além do ano de 2007, sendo que o favorecimento ao IPA diamétrico relacionado aos tratamentos diminuiu na medida em que as rebrotas das árvores e dos cipós cortados se desenvolveram e começaram a competir novamente com as árvores desejáveis. Isso explica porque os incrementos diamétricos associados aos tratamentos silviculturais se aproximaram aos incrementos diamétricos encontrados na área controle no segundo período de avaliação (entre 2007 e 2013); e indicam que 66 meses sem manutenção de tratamentos silviculturais anulam o seu efeito em favorecer o incremento radial das árvores.

O aumento no incremento radial da comunidade em razão dos tratamentos é corroborado por diversas pesquisas envolvendo métodos silviculturais relacionados ao manejo florestal. Essas pesquisas quantificaram maiores taxas de crescimento radial de espécies florestais em resposta à maior abertura do dossel provocada por intervenções silviculturais e desbastes seletivos. São estudos, sobretudo, realizados em ambientes de florestas tropicais úmidas (SILVA et al., 1995; GERWING, 2001; SILVA et al., 2002; PARROTA et al., 2002; CARVALHO et al., 2004; D'OLIVEIRA; BRAZ, 2006; WADSWORTH; ZWEDE, 2006), mas também há estudos em florestas estacionalmente secas (BELLEFONTAINE et al., 2000; MARTINS et al., 2003; ROZZA, 2003; RIVERO et al., 2008), o que legitima os resultados encontrados no remanescente florestal estudado. Do mesmo modo, foi verificado que o crescimento em área basal da comunidade

nos diferentes ambientes analisados, de influência ripária a ambientes mais secos de Cerrado, convergiu com os tratamentos silviculturais de supressão de competição e corte de cipós.

Apesar do maior crescimento diamétrico da comunidade florestal em resposta às intervenções silviculturais, a constatação de que as espécies responderam diferentemente às intervenções silviculturais confirma a importância dos estudos populacionais para a tomada de decisões em relação ao uso e aproveitamento de comunidades florestais.

Compreende-se, portanto, que o manejo florestal é influenciado pela composição florística e pela taxa de crescimento das espécies de interesse, bem como pelas dimensões máximas que essas espécies podem atingir. Isso implica em conhecer o uso associado às espécies individualmente, ajustando o método silvicultural.

O manejo dessas florestas pode ainda contribuir com a fixação de carbono da atmosfera, na medida em que favorece o crescimento radial de espécies arbóreas, provendo-as de valor econômico extra em razão da possibilidade de comercialização de créditos de carbono. Pode ainda gerar benefícios financeiros advindos do Programa de Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal REDD+ em virtude da conservação, do manejo sustentável e do aumento de estoques de carbono nas florestas, como discutido por McRoberts et al (2013).

Discute-se ainda que a taxa de acumulação de carbono nas espécies arbóreas aumenta continuamente com o tamanho das árvores (STEPHENSON et al., 2014), o que acende a importância das florestas estacionais secundárias no contexto do mercado, pois, a presença de muitos indivíduos jovens potencializa o sequestro de carbono da atmosfera nessas florestas na medida em que este aumenta com o tamanho das árvores.

Assim, como há potencial de crescimento para as árvores, há potencial para sequestro de carbono da atmosfera, haja vista as mudanças ocorridas na área basal em razão das intervenções silviculturais no fragmento florestal ao longo desses dez anos de estudo.

Essas questões convergem e incentivam o produtor rural a promover a conservação da Floresta Estacional no Brasil Central, sendo uma alternativa de uso para a Reserva Legal, concordando com o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

## CONCLUSÕES

A comunidade florestal apresentou-se como uma floresta autoregenerante, mas em estágio de sucessão secundária, com a presença de muitos indivíduos jovens, com diâmetros à altura do peito menores do que dez centímetros.

O crescimento radial de espécies arbóreas foi favorecido pelas intervenções silviculturais propostas, especialmente, pela intervenção que envolveu a supressão de vegetação competidora associada ao corte de cipós.

As diferenças significativas entre o crescimento radial em nível de espécies ressaltou a importância do conhecimento da composição florística e do tipo de uso associado às espécies em compor os objetivos do manejo florestal.

Há alternativas de uso que podem servir de incentivo ao manejo florestal no Brasil Central. Alternativas que combinam com as tendências de mercado associadas a créditos de carbono e à redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal e que convergem para estimular a adequação da propriedade ao Código Florestal Brasileiro, sendo uma opção de uso para a Reserva Legal nas propriedades rurais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLEFONTAINE, R.; GASTON, A.; PETRUCCI, Y. Management of natural forests of dry tropical zones. *FAO Conservation Guide*, Rome, v. 32, 2000.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. *Diário Oficial*, Brasília, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1.
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.
- D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Peixoto na Amazônia Ocidental. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 36, n. 2, p. 177-182, 2006.
- DYKSTRA, D. P. Reduced impact logging: concepts and issues. In: ENTERS, T.; DURST, P. B.; APPLIGATE, G. B.; KHO, P. C. S.; MAN, G. (Eds.). *Applying Reduced Impact Logging to Advance Sustainable Forest Management*. Malaysia: FAO, 2002.



- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- FELFILI, J. M. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. In: COSTA, R. B. (Org.). **Fragmentação Florestal e Alternativas ao Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003. p. 139-160.
- FELFILI, J. M. Principais fisionomias do espigão mestre do São Francisco. In: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. (Orgs.). **Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. p. 18-30.
- FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; REZENDE, A. V.; FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F. Semideciduous secondary forest management in Vagafogo, Goiás, Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION, 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005. p. 165.
- FREITAS, J. V. **Improving tree selection for felling and retention in natural forest in Amazônia through spatial control and targeted seed tree retention: a case study of a forest management project in Amazonas state, Brazil**. 2004. 160 p. Thesis (Doctor of Philosophy) -University of Aberdeen, Scotland, 2004.
- GERWING, J. J. Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon. **The Journal of Applied Ecology**, London, v. 38, n. 6, p. 1264-1276, 2001.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUZA-SILVA, J. C. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. 439 p.
- HOLMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C.; PEREIRA JR., R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F.; BAUCH, R. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 163, n. 1-3, p. 93-110, 2002.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de solos do Brasil: Escala 1:5.000.000**. Rio de Janeiro, 2001.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: . Acesso em: 10 jun. 2014.
- KARSTEN, R. J.; MEILBY, H.; LARSEN, J. B. Regeneration and management of lesser known timber species in the Peruvian Amazon following disturbance by logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 327, p. 76-85, 2014.
- KENT, M. **Vegetation Description and Data Analysis: a practical approach**. Oxford: John Wiley & Sons, 2012. 414 p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para um aprovechamiento sostenido**. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990. 335 p.
- MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. L. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 65-70, 2003.
- McROBERTS, R. E.; TOMPPPO, E. O.; VIBRANS, A. C.; FREITAS, J. V. Design considerations for tropical forest inventories. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 189-202, 2013.
- MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOS, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, Malden, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.
- MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 67-88, 1986.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.
- NÓBREGA, R. C.; ENCIÑAS, J. I. Uso atual do solo do Projeto Ecomuseu do Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 117-122, 2006.
- PARROTA, J. A.; FRANCIS, J. K.; KNOWLES, O. H. Harvesting intensity affects forest structure and composition in an upland Amazonian forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 169, n. 3, p. 243-255, 2002.

- PEREIRA, B. A. S.; VENTUROLI, E.; CARVALHO, F. A. Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 3, p. 446-455, 2011.
- PUTZ, F. E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact-logging: Challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 7, p. 1427-1433, 2008.
- RICHARDS, P. W. **The tropical rainforest: an ecological study**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 600 p.
- RIVERO, L.; DONAGH, P. M.; GARIBALDI, J.; CUBBAGE, F. Impacts of conventional and reduced logging on growth and stand composition four years after harvest in a neotropical forest in Misiones, Argentina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 21-31, 2008.
- ROCKWELL, C.; KAINER, K. A.; MARCONDES, N.; BARALOTO, C. Ecological limitations of reduced-impact logging at the smallholder scale. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 238, n. 1-3, p. 365-374, 2007.
- ROZZA, A. F. **Manejo e regeneração de trecho degradado de floresta estacional semidecidual: Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP. 2003**. 140 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2003.
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILL, J. M. (Orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. p. 121-139.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; DE OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rainforest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274, 1995.
- SILVA, R. P.; SANTOS, J.; TRIBUZY, E. S.; CHAMBERS, J. Q.; NAKAMURA, S.; HIGUCHI, N. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1-3, p. 295-301, 2002.
- SIST, P.; SHEIL, D.; KARTAWINATA, K.; PRIYADI, H. Reduced-impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 179, n. 1-3, p. 415-427, 2003.
- STEPHENSON, N. L. et al. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature**, London, v. 507, n. 7490, p. 90-93, 2014.
- VENTUROLI, E.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W. Tree diameter growth following silvicultural treatments in a semi-deciduous secondary forest in Central Brazil. **Cerne**, Lavras, v. 21, p. 117-123, 2015.
- VENTUROLI, E.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W.; FELFILL, J. M. Regime de luz em uma floresta estacional semidecídua sob manejo, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, p. 1135-1144, 2012.
- VENTUROLI, E.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W.; FELFILL, J. M. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, p. 473-483, 2011.
- VIVALDI, L. J. **Análise de experimentos com dados repetidos ao longo do tempo ou espaço**. Planaltina: Embrapa, 1999. 52 p.
- WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: Acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 1, p. 45-51, 2006.

Recebido em 05/08/2014

Aceito para publicação em 20/03/2015