



ANTÔNIO JOSÉ DA SILVA NETO

**ESTRATIFICAÇÃO PARA ESTUDOS DE
DINÂMICA, ESTRUTURA E VOLUMETRIA EM
CERRADO *SENSU STRICTO***

LAVRAS - MG

2011

ANTÔNIO JOSÉ DA SILVA NETO

**ESTRATIFICAÇÃO PARA ESTUDOS DE DINÂMICA, ESTRUTURA E
VOLUMETRIA EM CERRADO *SENSU STRICTO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. José Márcio de Mello

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Silva Neto, Antônio José da.

Estratificação para estudos de dinâmica, estrutura e volumetria
em Cerrado *Sensu Stricto* / Antônio José da Silva Neto. – Lavras :
UFLA, 2011.

153 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: José Márcio de Mello.

Bibliografia.

1. Inventário florestal. 2. Sensoriamento remoto. 3. Mortalidade.
4. Recrutamento. 5. Manejo do cerrado. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 634.9285

ANTÔNIO JOSÉ DA SILVA NETO

**ESTRATIFICAÇÃO PARA ESTUDOS DE DINÂMICA, ESTRUTURA E
VOLUMETRIA EM CERRADO *SENSU STRICTO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de Fevereiro de 2011.

Ph.D Natalino Calegario UFLA

Dr. Renato Ribeiro de Lima UFLA

Dr. José Márcio de Mello

Orientador

LAVRAS - MG

2011

Aos meus pais, Joaquim e Marleide, pelo exemplo de vida e pelo incondicional apoio que sempre me deram.

Aos meus irmãos, Wesley e Fernanda, pela amizade e companheirismo.

A todos os meus familiares, em especial, à minha avó Maria, e aos amigos que acreditaram e torceram por mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, senhor e pai, pelo dom da vida e por me permitir chegar até aqui. “O Senhor sempre me guiou pelos caminhos divinos e me manteve sobre sua proteção”. Obrigado Senhor, por mais uma conquista!

Agradeço aos meus pais, Joaquim Lopes da Silva e Marleide Feitosa de Sousa, pelo apoio incondicional durante toda a minha vida como estudante. Vocês se sacrificaram por mim e nunca limitaram meus sonhos! Mesmo que as dificuldades batessem à porta, vocês sempre me incentivaram a seguir em frente, muitas vezes, dando a mim o que não tinham para vocês! Serei eternamente grato aos senhores e expresso aqui a minha gratidão e o meu enorme respeito e admiração por vocês!

Aos meus irmãos Wesley e Fernanda, pela amizade, companheirismo e apoio em todos os nossos momentos em família e nas encorajadoras conversas ao telefone. Vocês são muito especiais!

A minha avó, Maria Lopes, pelo acolhimento, pelas orações, pelo carinho de sempre.

À minha querida e amada noiva, Bárbara, pelo companheirismo, carinho, amor e cumplicidade.

Ao professor José Márcio de Mello, pela orientação, amizade e pelo exemplo de profissionalismo.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade e, em especial, aos funcionários do LEMAF, pela agradável convivência durante o mestrado.

Ao professor Natalino Calegario pela amizade, confiança e pelos conhecimentos transmitidos sempre com enorme satisfação.

Ao professor Renato Ribeiro, pelas valiosas sugestões para este trabalho.

Aos grandes amigos e companheiros de orientação Isabel, Gabriel e Sérgio. Obrigado pelos bons momentos de convivência. Vocês são grandes pessoas e grandes profissionais. Torço por vocês!

Aos amigos que fiz em Lavras e que sempre vou lembrar: Gabriel, Thiza, Bel, Alisson (Janú), Luiz Moreira, Ayuni, Samuel e Valdir.

Aos amigos e companheiros de república: Cotonete, Gabriel e Afrânio, pela agradável e divertida convivência durante esses dois anos.

A todos que me ajudaram e que foram fundamentais para realização deste trabalho. Em especial, aos amigos: Sérgio, Beth, Amanda, Gabriel e Sorriso.

A V&M Florestal e aos responsáveis pelo Mapeamento e Inventário Florestal do Estado de Minas Gerais pela concessão dos dados.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos os amigos e professores que, de alguma forma, contribuíram para minha formação como profissional e como pessoa durante os períodos de graduação e pós-graduação. Muito Obrigado!

RESUMO GERAL

O Brasil possui um imenso patrimônio florestal que precisa ser melhor conhecido a fim de se criar estratégias para sua conservação e para o uso sustentável dos recursos florestais. Nesse sentido, este trabalho é dividido em três seções: 1) No primeiro capítulo é apresentada uma revisão da literatura que aborda a dinâmica de comunidades florestais e formas de amostragem da vegetação. 2) No segundo capítulo é apresentado um estudo sobre a dinâmica da comunidade florestal de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* na região norte de Minas Gerais. Os dados foram obtidos a partir de dois inventários realizados em parcelas permanentes em 2005 e em 2010. Avaliou-se a ocorrência de alterações estruturais e florísticas na comunidade entre os inventários e foram calculadas as taxas de dinâmica. Após o período de cinco anos, observou-se que houve expansão em densidade e área basal. Não foram verificadas grandes alterações na composição florística, na riqueza e na diversidade da área. As taxas anuais de mortalidade e recrutamento e o incremento diamétrico anual médio foram relativamente baixos. Os padrões apresentados em relação às taxas da dinâmica e as alterações estruturais observadas indicam que o fragmento apresenta-se em formação, porém em fase de desaceleração de sua dinâmica. O fragmento estudado mostra-se pouco perturbado, em estágio avançado de regeneração. 3) O terceiro capítulo objetivou comparar os desempenhos dos estimadores da Amostragem Sistemática (AS) e da Amostragem Sistemática Estratificada (ASE) para estimativa de volume do mesmo fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG. Também foi verificada a viabilidade de se reduzir a intensidade amostral, mediante a estratificação, para o estudo da volumetria, da fitossociologia e da dinâmica do fragmento. Foram utilizados os mesmos dados do capítulo 2. O fragmento estudado foi estratificado com base em imagens de satélite da série LandSat 5 TM. Os procedimentos amostrais utilizados foram comparados pelo erro (%) de estimativa de volume. Posteriormente, foram realizadas 100 simulações de redução do tamanho da amostra em 50% (12 parcelas). Para cada amostra simulada, foram feitas estimativas de volume, dos parâmetros da estrutura horizontal e da dinâmica. Verificou-se que a ASE foi mais precisa que a AS. A redução da intensidade amostral em função da estratificação mostrou-se viável, possibilitando estimativas de volume, dos parâmetros estruturais e da dinâmica do fragmento, semelhantes às estimativas obtidas com a amostra original.

Palavras-chave: Inventário florestal. Sensoriamento remoto. Mortalidade.
Recrutamento. Manejo do cerrado.

GENERAL ABSTRACT

Brazil has a vast forest heritage that needs to be better known in order to create strategies for their conservation and sustainable use of forest resources. Thus, this work is divided into three sections: 1) The first chapter presents a review of the literature addressing the dynamics of forest communities and forms of vegetation sampling. 2) The second chapter presents a study on the community dynamics of a fragment of Cerrado *sensu stricto* in the north region of Minas Gerais. Data were obtained from two surveys conducted in permanent plots in 2005 and 2010. We evaluated the occurrence of changes in community structure and species composition between inventories and rates were calculated dynamics. After a period of five years, it was observed that there was increase in density and basal area. No were observed major changes in the floristic composition, richness and diversity of the area. The annual rates of mortality and recruitment, and average annual diameter increment were relatively lows. The standards presented in relation to the fees of the dynamics and structural changes indicate that the fragment is presented in training, but slowing down its dynamics. The fragment studied appears to be little disturbed, in an advanced stage of regeneration. The third chapter was to compare the performances of the estimators of Systematic Sampling (AS) and Stratified Systematic Sampling (ASE) to estimate the volume of the same fragment of Cerrado *sensu stricto* Bocaiúva, MG. We also observed the viability of reducing the sampling intensity, by stratifying the population, for the study of volume, of floristic and the dynamics of fragment. We used the same data in Chapter 2. The fragment studied was stratified based on satellite images from LandSat 5 TM series. The sampling procedures used were compared by error (%) estimation of volume. Subsequently, 100 simulations were performed to reduce the sample size by 50% (12 plots). For each simulated sample, we estimated volume, the parameters of the horizontal structure and dynamics. It was found that the ASE was more accurate than the AS. The reduction in sampling intensity as a function of stratification was feasible, allowing estimates of the volume, the structural parameters and dynamics of the fragment, similar to estimates obtained with the original sample.

Keywords: Forest inventory. Remote sensing. Mortality. Recruitment. Management of the cerrado

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	Localização do Município de Bocaiúva no estado de Minas Gerais e destaques para a Fazenda Corredor e para o fragmento estudado	65
----------	--	----

CAPÍTULO 3

Figura 1	Localização do Município de Bocaiúva no estado de Minas Gerais com destaques para a Fazenda Corredor e para o fragmento estudado.....	106
Figura 2	Composição colorida RGB 4-5-3 para as cenas LandSat 5 TM do fragmento Corredor.....	110
Figura 3	Segmentação e vetorização de polígonos para definição de estratos em um fragmento de Cerrado Sensu Stricto em Bocaiuva, MG.....	120
Figura 4	Estratos definidos a partir do processo de segmentação e classificação visual de imagens em um fragmento de Cerrado Sensu Stricto em Bocaiuva, MG.....	122
Figura 5	Distribuição das parcelas sobre os estratos definidos no fragmento estudado.....	124
Figura 6	Representação de 4 das 100 amostras sorteadas considerando a redução de 50 % da amostra original.....	130

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

- Gráfico 1 Distribuição diamétrica em um fragmento de Cerrado Sensu Stricto em Bocaiúva MG, em 2005 e em 2010..... 72
- Gráfico 2 Crescimento médio por classe diamétrica para a comunidade e para as 5 espécies de maior IPA em um fragmento de Cerrado Sensu Stricto em Bocaiuva, MG..... 82

CAPÍTULO 3

- Gráfico 1 Distribuição diamétrica de um fragmento de Cerrado Sensu Stricto a partir de amostras de diferentes tamanhos... 138
- Gráfico 2 Curvas de Rarefação por indivíduo para os estratos definidos em um fragmento de Cerrado Sensu Stricto em Bocaiúva, MG. (Azul - Limites do intervalo de confiança; Vermelho - curva média)..... 142

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de Cerrado <i>Sensu Stricto</i> em Bocaiúva, MG, no período de 2005 a 2010.....	79
----------	--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Equação para estimar volume total com casca para Cerrado <i>Sensu Stricto</i> no conjunto de Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Jequitinhonha.....	113
Tabela 2	Classificação e áreas dos estratos definidos no fragmento estudado.....	122
Tabela 3	Estatística do processamento utilizando Amostragem Sistemática para amostra composta por 24 parcelas.....	125
Tabela 4	Processamento do inventário utilizando estimadores da ACE.....	126
Tabela 5	Análise comparativa do processamento do inventário com estimadores da ACS e da ACE.....	128
Tabela 6	Médias dos resultados do processamento do inventário segundo os estimadores da ASE e ACS para 100 simulações de amostras compostas por 12 parcelas.....	131
Tabela 7	Estimativas de Densidade absoluta (DA) e Valor de Importância em percentagem (IVI) para as espécies do fragmento Corredor em Bocaiúva, MG. Espécies ordenadas pelo IVI (%) – 12 parcelas.....	133
Tabela 8	Riqueza e Diversidade de três estratos definidos em um fragmento de Cerrado <i>Sensu Stricto</i> em Bocaiúva, MG.....	140
Tabela 9	Estimativas da Dinâmica da comunidade arbórea para diferentes tamanhos de amostra.....	143
Tabela 10	Mortalidade e Recrutamento em um fragmento de Cerrado <i>Sensu Stricto</i> em Bocaiúva a partir de amostras de diferentes tamanhos.....	144
Tabela 11	Mortalidade e recrutamento em diferentes estratos de um fragmento de Cerrado <i>Sensu Stricto</i> em Bocaiúva.....	146

SUMÁRIO

	CAPITULO 1 Introdução geral.....	15
1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	O Domínio cerrado	20
2.2	Inventários florestais	23
2.2.1	Amostragem casual simples	26
2.2.2	Amostragem sistemática	27
2.2.3	Amostragem casual estratificada	28
2.3	Dinâmica de comunidades vegetais	30
2.3.1	Mortalidade	33
2.3.2	Recrutamento	37
2.3.3	Crescimento diamétrico	40
3	CONCLUSÕES	43
	REFERÊNCIAS	44
	CAPITULO 2 Dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de cerrado <i>sensu stricto</i> na região norte de Minas Gerais.....	58
1	INTRODUÇÃO	61
2	MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1	Localização e caracterização da área de estudo	64
2.2	Inventário florestal contínuo	65
2.3	Dinâmica da comunidade arbórea	66
2.4	Composição florística, riqueza e diversidade	69
2.5	Análise estatística	70
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
3.1	Mudanças estruturais na comunidade	71
3.2	Alterações na composição florística, riqueza e diversidade	73
3.3	Mortalidade e recrutamento	75
3.4	Crescimento diamétrico	80
4	CONCLUSÕES	84
	REFERÊNCIAS	85
	ANEXO	93
	CAPITULO 3 Efeito da estratificação em estudos de volumetria, estrutura e dinâmica de um fragmento de cerrado <i>Sensu Stricto</i>	99
1	INTRODUÇÃO	102
2	MATERIAL E MÉTODOS	105
2.1	Localização e caracterização da área de estudo	105
2.2	Obtenção de dados	106

2.3	Amostragem do fragmento.....	107
2.4	Procedimento para estratificação do fragmento.....	108
2.4.1	Segmentação.....	109
2.4.2	Classificação.....	111
2.5	Estimativas de volume.....	112
2.6	Processamento do inventário florestal – Dados 2010.....	113
2.7	Simulações de redução da intensidade amostral.....	114
2.8	Comparações entre os diferentes tamanhos de amostra.....	116
2.8.1	Volumetria.....	116
2.8.2	Fitossociologia.....	116
2.8.3	Dinâmica da vegetação.....	117
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
3.1	Segmentação e classificação das imagens.....	119
3.2	Processamento do inventário florestal.....	123
3.2.1	Amostragem sistemática.....	123
3.2.2	Amostragem sistemática estratificada.....	126
3.3	Simulações de redução da intensidade amostral.....	128
3.3.1	Volumetria.....	128
3.3.2	Análise fitossociológica.....	132
3.3.3	Riqueza e diversidade.....	139
3.3.4	Dinâmica.....	143
4	CONCLUSÕES	147
	REFERÊNCIAS	149

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

As florestas nativas constituem ecossistemas de grande importância para manutenção do equilíbrio e da vida no planeta. Estas formam grandes abrigos de biodiversidade, atuam como reguladores das condições climáticas e fornecem uma série de benefícios ecológicos importantes a qualidade de vida do homem.

O Brasil possui a maior reserva florestal nativa do planeta, com aproximadamente 56% do seu território cobertos por florestas (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2008). Além da sua importância sob o ponto de vista ecológico e para conservação da biodiversidade, os recursos florestais são indispensáveis ao desenvolvimento econômico e social do país (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Apesar de sua relevância sob distintos aspectos, as florestas nativas brasileiras estão sendo destruídas de forma acelerada, principalmente em função da exploração predatória, sem amparo técnico, e da expansão de áreas para produção de alimentos. Esse processo resulta em significativa redução da cobertura florestal e perda da biodiversidade da grande maioria dos domínios fitogeográficos brasileiros, dentre eles, o Cerrado, que é um dos mais ameaçados na atualidade.

Em meio à intensa destruição e à exploração de forma inadequada das florestas brasileiras, a ciência florestal tem buscado conhecer de forma detalhada, através dos estudos de vegetação, esses ecossistemas naturais e seus processos ecológicos. Esses estudos visam subsidiar a elaboração de estratégias de mitigação dos impactos já causados pela ação antrópica e a concepção de planos de desenvolvimento humano que incorporem a exploração sustentável e a conservação dos remanescentes florestais.

Em sua maioria, os estudos de vegetação objetivam o conhecimento e a descrição da composição florística e de aspectos fitossociológicos (BERG;

OLIVEIRA FILHO, 2000; LONGHI et al., 2000; SOUZA et al., 2003), o entendimento e definição de padrões fitogeográficos (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RATTER; DARGIE, 1992; RIZZINI, 1997), a associação de padrões da vegetação com fatores ambientais bióticos e abióticos (FELFILI et al., 2004; OLIVEIRA FILHO et al., 1997), ou ainda, estudar a dinâmica de comunidades vegetais verificando mudanças espaciais e temporais na composição florística e na estrutura (FELFILI et al., 2000; LOPES; SCHIAVINI, 2007; NASCIMENTO et al., 1999; OLIVEIRA; FELFILI, 2008; ROLIM; COUTO; JESUS, 1999; WERNECK; FRANCESCHINELLI, 2004).

Entre essas diversas abordagens mencionadas, os estudos de dinâmica de vegetação podem ser ditos como estudos completos, uma vez que podem contemplar todos os outros enfoques. Os estudos de dinâmica buscam, principalmente, compreender e prever as mudanças que ocorrem na vegetação ao longo do tempo e são realizados por meio da implantação de unidades amostrais permanentes, onde são realizadas as mensurações periódicas da vegetação.

As informações sobre a dinâmica de uma comunidade florestal podem ter como finalidade a caracterização biológica, visando a conservação desses ecossistemas, ou terem por objetivo a realização de inferências sobre o potencial de algumas espécies para fins de exploração comercial.

Todavia, o conhecimento dessas informações sobre uma floresta é um trabalho muitas vezes árduo e dispendioso, obtido por meio do inventário florestal, que consiste no uso de fundamentos de amostragem para a determinação ou estimativa de características das florestas, sejam estas qualitativas ou quantitativas.

Os inventários florestais podem ter como objetivo a estimativa de variáveis quantitativas da floresta (volume, área basal, diâmetro médio quadrático, altura média, etc.) podendo, no caso de florestas nativas, abrangerem

outras características (densidade, dominância, frequência, valor de importância, posição sociológica, etc.) que descrevem a estrutura da floresta, e ainda contemplar variáveis qualitativas como estado fitossanitário, qualidade e valoração dos fustes (SCOLFORO; MELLO, 2006).

Para realização de inventários florestais podem ser empregados diferentes procedimentos de amostragem, cuja escolha está relacionada às características da vegetação a ser inventariada (seja esta nativa ou plantios de espécies exóticas), à variabilidade esperada ou observada para característica de interesse, ao tamanho e às características fisiográficas da área e ao tempo e recursos disponíveis (MELLO; OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO, 1996).

Nesse contexto, a amostragem da vegetação torna-se um fator decisivo no planejamento do inventário. O número e a localização das unidades amostrais na população a ser inventariada devem ser adequados para estimar, com certo nível de precisão, variáveis quantitativas, como volume e massa seca, bem como retratar corretamente a composição florística e estrutura da área, visando sempre o menor emprego de recursos.

Dessa forma, torna-se importante investigar qual o procedimento amostral mais adequado para ser utilizado em um determinado tipo vegetacional, de modo que sejam atendidos os objetivos do levantamento com maior eficiência na obtenção de dados.

Mediante o exposto, o presente estudo visa:

- a) investigar a dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* após um período de 5 anos;
- b) comparar os erros de amostragem, para característica volume, obtidos através dos estimadores da Amostragem Sistemática e da Amostragem Sistemática Estratificada, realizando a estratificação por

meio da interpretação visual, segmentação e classificação de imagens obtidas de satélite da série LandSat;

- c) verificar o efeito da redução da intensidade amostral, quando adotada a amostragem estratificada, sobre o erro do inventário, sobre os parâmetros fitossociológicos e sobre as inferências feitas quanto à dinâmica da vegetação de fragmentos de Cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Domínio cerrado

O Cerrado é o segundo maior domínio da América Latina, abrangendo cerca de 200 milhões de hectares. Concentra-se na região central do Brasil, estendendo-se da fronteira sul da floresta amazônica até áreas localizadas nos estados de São Paulo e Paraná, com pequenas manchas no Paraguai e na Bolívia, apresentando algumas poucas inserções na região amazônica (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002).

A sua área nuclear está distribuída, principalmente, nos estados brasileiros de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal. As outras áreas de Cerrado, chamadas periféricas ou ecótonos, constituem transições com os biomas Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, 2010).

O domínio Cerrado é considerado como um tipo de ecossistema tropical de Savana, sendo ecologicamente relacionado com outras savanas da América tropical, da África, Oriente da Ásia e Austrália (RIBEIRO; WALTER, 1998), apresentando fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres (KANEGAE; BRAZ; FRANCO, 2000). Essa diversificada formação ecossistêmica, sob o ponto de vista fisionômico, é dividida em: cerradão, cerrado típico, campo cerrado, campo sujo de cerrado e campo limpo, que apresentam altura e biomassa vegetal em ordem decrescente, sendo o cerradão a única formação florestal (COUTINHO, 2002).

Nas regiões de Cerrado, predomina o clima estacional, onde um período chuvoso, que dura de outubro a março, é seguido por um período seco, de abril a setembro, sendo essa clara definição entre estações um fator de grande

influência sobre a vegetação (FELFILI et al., 2004). A precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C, em média. Os solos sobre os quais se desenvolveram a vegetação do Cerrado caracterizam-se por serem solos muito antigos, intemperizados, ácidos, pobres em nutrientes e que possuem concentrações elevadas de alumínio (KLINK; MACHADO, 2005).

O Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, abrigando cerca de 5% da flora e fauna mundiais. São identificadas, neste domínio, mais de 11.000 espécies de plantas fanerógamas, das quais 4.400 são endêmicas (1,5 % das plantas vasculares do mundo) e 973 espécies arbóreas distribuídas em 337 gêneros, das quais, 336 espécies (43%) são também encontradas somente no cerrado (WALTER, 2006).

Diante da elevada diversidade e o alto grau de endemismo, o Cerrado é reconhecido com um *hot spot* para conservação para biodiversidade (SILVA; BATES, 2002). Porém, a preservação do cerrado enfrenta sérios problemas. Felfili et al. (2004) destacam as elevadas taxas de desmatamento, em função da expansão da agricultura e da pecuária, e também o fato de uma área muito pequena desse bioma encontrar-se legalmente protegida. De acordo com o descrever a sigla na primeira citação (BRASIL, 2010), o Cerrado teve média anual de 14.179 km² desmatados entre os anos de 2000 e 2008.

De acordo com estudo apresentado por Klink e Machado (2005), somente 8,6 % da área original do Cerrado encontra-se protegida por lei, sendo 2,2% protegidos por Unidades de Conservação de proteção integral, outros 1,9% por unidades conservação de uso sustentável e 4,1% por estarem em terras indígenas.

Segundo Brasil (2010), o Cerrado já perdeu 47,84% de sua cobertura de vegetação até 2008, o que corresponde a 890.636 km², sendo a produção de

carvão vegetal também apontada como uma causa importante do desmatamento de área de cerrado, sobretudo em Minas Gerais e Mato Grosso.

O Cerrado *Sensu Stricto*, considerado um dos “cerrados”, ocupa 70% do domínio Cerrado *Sensu Lato* e tem sua paisagem composta por um estrato herbáceo, dominado principalmente por gramíneas, e um estrato de árvores e arbustos tortuosos, com ramificações irregulares e retorcidas, variando em cobertura de 10 a 60 % (EITEN, 1994). Neste ambiente, as alturas das árvores variam de 3 a 6m, a densidade de 900 a 1600 indivíduos por hectare e a área basal está entre 8,0 e 12,0 m²/ha (FELFILI, 1995b).

De acordo com Frost et al. (1986), as características apresentadas pela vegetação típica do cerrado não se deve a falta de água, uma vez que ali se encontra uma grande e densa rede hídrica, mas devido a outros fatores edáficos, como o desequilíbrio no teor de micronutrientes, sobretudo, o alumínio. Ribeiro e Walter (1998) apontam a frequência de queimadas, a profundidade do lençol freático e os fatores antrópicos como pontos de extrema influência também sobre a distribuição das suas espécies arbóreas.

Os mesmos autores relatam que, na época seca, o componente graminoso favorece a propagação de incêndios, sendo a frequência de queimadas um agente determinante da existência de algumas espécies, favorecendo àquelas que apresentam alguma adaptação e prejudicando as não adaptadas a este fenômeno. A ocorrência de fogo pode atuar como agente de desbaste na vegetação lenhosa (FELFILI et al., 2000), enquanto a sua exclusão favorece ao aumento em densidade e área basal do estrato lenhoso (HOFFMAN; MORREIRA, 2002) e à migração de espécies mais sensíveis para a área, conforme observado em áreas de Cerrado *Sensu Stricto* por Henriques e Hay (2002).

No Cerrado *Sensu Stricto* ocorrem aproximadamente 230 a 250 espécies de plantas vasculares em 0,1 ha (SILBERBAUER-GOTTSBERGER; EITEN,

1983). As espécies apresentam-se distribuídas, predominantemente, em mosaico, com combinações de menos de 100 espécies lenhosas por hectare, com poucas espécies dominantes (cerca de vinte) e as demais raras (FELFILI et al., 1994, 1998). De acordo com Ratter e Dargie (1992), as espécies abundantes em uma área podem ser raras ou ausentes em outras.

O Cerrado *Sensu Stricto* ocorre, normalmente, sobre Latossolos e Neossolos Quartzarênicos profundos, bem drenados, distróficos, ácidos e álicos, podendo também ocorrer em Cambissolos e Solos Litólicos e sobre afloramentos de rochas (FELFILI et al., 1995a; HARIDASAN, 1992).

As características da vegetação, que favorecem a sua remoção, aliadas às boas características físicas e topográficas do solo são fatores que contribuem para o desenvolvimento de atividades agrícolas no Cerrado *Sensu Stricto*, em detrimento da conservação dessa fisionomia.

2.2 Inventários florestais

O inventário florestal consiste no uso de fundamentos de amostragem para a determinação ou estimativa de características das florestas, sejam estas qualitativas ou quantitativas (SCOLFORO; MELLO, 1997).

É o procedimento mais utilizado por gestores de recursos florestais com o objetivo de determinar o estoque presente de madeira ou outros produtos de origem florestal, servindo ainda como base para predição de estoques futuros e necessários para a elaboração e execução de planos de manejo (SCOLFORO, 1990).

Para a realização de inventários florestais podem ser empregados diferentes procedimentos de amostragem, cuja escolha está relacionada às características da vegetação a ser inventariada (seja esta nativa ou plantios de espécies exóticas), à variabilidade esperada ou observada para variável de

interesse a ser estimada, ao tamanho e às características fisiográficas da área, além do tempo e recursos disponíveis (MELLO; OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO, 1996).

Dentre os principais procedimentos de amostragem utilizados em inventários florestais, os quais serão detalhados a seguir, estão a amostragem casual simples (ACS), a amostragem sistemática (AS) e a amostragem casual estratificada (ACE).

Em florestas nativas, para fins de inventário florestal, diversos trabalhos têm utilizado a AS com e sem estratificação, visando a melhor distribuição das unidades amostrais sobre a área como forma de melhor captar a alta variabilidade existente nessas populações (SHIVER; BORDERS, 1996), sendo a maior precisão deste procedimento, em relação a ACS, observada por Mello e Scolforo (2000).

Porém, diversas outras formas de amostragem como a amostragem em dois estágios, conglomerados, transeções, amostragem preferencial e o método dos pontos quadrantes são bastante aplicados em estudos fitossociológicos ou descritivos da composição florística (MELLO; OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO, 1996).

Os procedimentos de amostragem em conglomerado, amostragem em múltiplos estágios, e outros, podem ser vistos com maior detalhamento em Husch, Miller e Beers (1972), Péllico Netto e Brena (1997), Scolforo e Mello (2006) e Thompson (1992).

Oliveira (2006) ressalta que, em inventários de populações florestais, busca-se menor erro de estimativa de determinada variável para uma mesma quantidade de trabalho. Assim, torna-se importante investigar, para o tipo florestal específico e para determinado nível de precisão, os métodos e os processos de amostragem que permitam reduzir o custo do inventário, o qual é

diretamente influenciado pelo tempo de medição e pelo caminamento (CESARO et al., 1994).

Quanto à abordagem da população no tempo, os inventários florestais podem ser classificados como temporários ou de múltiplas ocasiões. A realização de inventários em ocasiões sucessivas, também chamados de inventários florestais contínuos (IFC), é uma prática comum no meio florestal. Segundo Péllico Netto e Brena (1997), o IFC utiliza, na maioria das vezes, a amostragem com repetição total (ART), que é o processo de múltiplas ocasiões em que as unidades amostrais tomadas na primeira ocasião são permanentes e remedidas nas sucessivas ocasiões.

Para as empresas de base florestal, que trabalham principalmente com plantios com espécies exóticas de rápido crescimento, os inventários florestais contínuos constituem um instrumento de planejamento estratégico relacionado à produção, colheita e comercialização dos seus produtos. Os IFC proporcionam um sistema de controle de estoque, do desenvolvimento do povoamento e da taxa de produção. Também fornecem os dados essenciais para a construção de tabelas de produção e modelos de crescimento, que usados juntamente com dados do inventário permitem fazer a prognose do crescimento e da produção (SILVA; LOPES, 1984).

Da mesma forma, os inventários florestais contínuos, que fazem uso de parcelas permanentes, são as ferramentas mais utilizadas para obtenção de informações sobre a dinâmica de crescimento e a quantificação de recursos provenientes de florestas nativas. Segundo Sheil, Burslem e Alder (1995), embora necessitem de algum investimento e demandem muito tempo e esforço das equipes de campo para sua instalação e medição, as parcelas permanentes constituem a mais importante ferramenta para estudos do manejo florestal e da ecologia, pois, são, e continuarão sendo por muito tempo, um dos principais pilares sobre o qual nosso entendimento de florestas tropicais é construído.

2.2.1 Amostragem casual simples

De acordo com Scolforo e Mello (2006), a amostragem casual simples (ACS) é o mais simples e antigo dos procedimentos de amostragem. Nesse procedimento, a área florestal a ser inventariada é tratada como uma população única, em que cada unidade amostral tem a mesma probabilidade de compor a amostra, sendo a seleção de uma unidade amostral independente das outras. A partir da amostragem casual simples, visando aumentar a precisão das estimativas e reduzir custos do levantamento, derivaram todos os demais procedimentos de amostragem (PELLICO NETTO; BRENA, 1997).

Este procedimento é mais indicado em situações em que a área a ser inventariada é pouco extensa e a variabilidade da característica de interesse é baixa, haja vista que em populações pequenas há, naturalmente, maior proximidade das unidades amostrais, o que determina um deslocamento menor entre as unidades e maior eficiência do trabalho de campo. Já as populações homogêneas, quanto à variável de interesse, requerem menor intensidade de amostragem que as heterogêneas para o mesmo erro de amostragem e nível de significância fixados (PELLICO NETTO; BRENA, 1997).

A necessidade de homogeneidade da variável a ser estimada na população, também se justifica no sentido de que a ocorrência de um processo de aleatorização, em que as unidades amostrais fiquem bastante próximas entre si, poderia mascarar a variabilidade espacial da característica avaliada da floresta, caso esta se apresentasse distribuída de forma heterogênea.

Essa possibilidade de distribuição irregular das unidades amostrais é analisada por Husch, Miller e Beers (1972), que a considera, juntamente com a necessidade de planejamento e listagem das unidades para posterior seleção, com a dificuldade de localização das parcelas no campo e a possibilidade de uma

configuração da distribuição das mesmas que incorra em elevado tempo de deslocamento, como as principais desvantagens da amostragem casual simples.

2.2.2 Amostragem sistemática

Segundo Loetsch e Haller (1964), em um processo sistemático, as unidades amostrais são selecionadas a partir de um esquema rígido e pré-estabelecido de sistematização, com o propósito de cobrir a população em toda a sua extensão, obtendo um modelo sistemático simples e uniforme.

A amostragem sistemática é uma variação da amostragem casual simples (LOETSCH; HALLER, 1973), sendo que, neste procedimento, a posição das unidades amostrais sobre a área, é definida a partir da aleatorização da primeira unidade e as outras distribuídas a partir dessa, intervaladas por uma distância (k) pré-definida (COCHRAN, 1966).

A localização das unidades amostrais na população é, em geral, mais fácil em uma amostra sistemática do que em uma aleatória, uma vez que as unidades são distribuídas segundo a mesma orientação. Em decorrência disso, o tempo gasto em deslocamento para localizar as unidades amostrais é menor e o custo de amostragem é reduzido (PELLICO NETTO; BRENA, 1997).

A amostragem sistemática, em geral, é mais precisa que a amostragem casual simples, com igual intensidade amostral (COCHRAN, 1966; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Segundo Husch, Miller e Beers (1972), a sistematização proporciona estimativas precisas da média e do total, devido à distribuição uniforme da amostra em toda a população. Além disso, uma amostragem sistemática é executada com maior rapidez e menor custo que uma aleatória, desde que a escolha das unidades amostrais seja mecânica e uniforme.

A desvantagem encontrada ao se utilizar a amostragem sistemática está no fato de as unidades amostrais não terem a mesma chance de compor a amostra. À exceção da primeira unidade amostral, o procedimento de seleção não totalmente probabilístico. Outra desvantagem está no efeito periódico na população. Quando se trabalha com populações biológicas, seus elementos se encontram arranjados independentemente uns dos outros, mas, de local para local, mostram uma variação periódica (COCHRAN, 1966).

2.2.3 Amostragem casual estratificada

De acordo com Cochran (1966), a amostragem casual estratificada (ACE), consiste na divisão da população a ser inventariada em sub populações, cuja variável de interesse apresente-se de forma homogênea. Estas sub populações são, portanto, chamadas de estratos, devendo cada estrato ter variabilidade interna inferior à variabilidade observada para população como um todo.

A distribuição das unidades em cada estrato, na amostragem casual estratificada, é feita de forma aleatória. Caso seja realizada de forma mecânica (sistemática), a ACE passa a ser chamada de amostragem sistemática estratificada (ASE). Entretanto, mantêm-se os mesmos os estimadores da amostragem estratificada nos dois casos (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

O processo de estratificação é empregado quando a floresta apresenta um grau de variabilidade elevado nas características de interesse, devendo ser utilizado sempre que possível. Como a variância e o erro padrão da média são afetados pela intensidade amostral e pela variabilidade da característica de interesse, procura-se obter estratos homogêneos nesta característica (SCOLFORO; MELLO, 1997).

Assim, o fundamento da ACE consiste em eliminar fontes de variação que possam tornar pouco evidente e com distorções reduzidas os resultados do inventário. Neste sentido, permite-se que ocorra redução na variância da amostragem estratificada realizada quando comparada à amostragem casual simples (SCOLFORO, 1998).

Scolforo e Mello (1997) ainda acrescentam que o controle da variação obtido por meio da estratificação facilita a coleta dos dados, permite a obtenção de estimativas mais precisas por estrato e para a população e possibilita a redução da intensidade amostral frente a uma mesma precisão, quando comparada a outros procedimentos amostrais. Isto ocorre porque a estratificação proporciona a combinação de parcelas com informações semelhantes em um mesmo estrato, reduzindo a variabilidade e gerando estimativas mais precisas para cada estrato e para população como um todo.

A estratificação é geralmente feita antes da coleta dos dados no campo, com base em informações cadastrais como espécie, idade, regiões administrativas, sítio, condição topográfica, etc. (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) e também a partir de variáveis quantitativas do povoamento (normalmente o volume) após a aplicação de técnicas de estatística espacial e geoestatística (SCOLFORO; MELLO, 2006).

Em florestas nativas, a tipologia florestal é uma das características mais utilizadas para pré-estratificação. Porém, em escalas menores, apesar da alta variabilidade tanto em número de espécies quanto em desenvolvimento dos indivíduos, fruto da grande variação de idade e das diferentes condições ambientais, há dificuldade de diferenciação de estratos, ocorrendo mais comumente nessas circunstâncias, a pós-estratificação com base em volumetria (KANEGAE, 2004; OLIVEIRA, 2006).

Uma alternativa para viabilizar a realização de pré-estratificação em estudos de vegetação nativa é a utilização de imagens aeroespaciais, apontada

por Curran (1998) como uma ferramenta que possibilita estabelecer estratos mais homogêneos na população observada, aumentando a eficiência do processo de amostragem e ganhos na precisão.

O uso de imagens obtidas através de sensoriamento remoto, para fins de estratificação para inventários florestais de florestas nativas, foi realizado com sucesso por Silva (2009), que verificou redução nos erros de amostragem na estimativa da variável volume, em inventários de fragmentos de Cerrado, na ordem de 47 %, quando comparado ao erro obtido aplicando-se os estimadores da amostragem casual simples, para o mesmo conjunto de dados.

O mesmo autor, realizando simulações de redução da intensidade amostral a partir da estratificação, verificou a viabilidade de se reduzir até 40% do número inicial de parcelas, obtendo ainda resultados compatíveis com o erro máximo admitido pela legislação para inventários visando à estimativa de volume em áreas de Cerrado em Minas Gerais.

Espírito-Santo et al. (2005) utilizaram imagens de satélite para segmentação e escolha das áreas a serem inventariadas da Floresta Nacional do Tapajós, no Pará, em um estudo com objetivo de estabelecer padrões florísticos e fitossociológicos na área da FNT. Os autores concluíram que o uso de imagens facilita o processo de amostragem, pois essas revelam variações sutis da vegetação que são também observadas no campo, possibilitando a estratificação e a racionalização de inventários florestais em grandes extensões.

2.3 Dinâmica de comunidades vegetais

Os estudos sobre dinâmica consistem na avaliação das mudanças espaciais e temporais que ocorrem na composição florística e na estrutura das comunidades vegetais num determinado intervalo de tempo, sendo essas

alterações o produto da interação de diferentes fatores bióticos e abióticos (FELFILI, 1995b).

A dinâmica de uma comunidade vegetal está relacionada com a sua fisiologia, com a sua estrutura e com o funcionamento desta, envolvendo diversas etapas de organização como: sucessão, mortalidade, ingresso, crescimento e regeneração, além das inúmeras relações bióticas entre as diferentes populações (MOSCOVICH, 2006).

São vários os fatores que afetam a dinâmica estrutural de uma comunidade vegetal. Esses fatores podem bióticos e abióticos. Alterações na intensidade e qualidade da luz, mudanças nas condições de umidade e temperatura do ambiente e nas propriedades do solo, são exemplos de fatores abióticos que exercem grande efeito sobre a composição florística e a estrutura de uma comunidade vegetal (BURYLO; REY; DELCROS, 2007). Entre os fatores bióticos estão a competição entre plantas e as suas estratégias de polinização e dispersão, que também constituem agentes modeladores da dinâmica de comunidades florestais (BALANDIER et al., 2006), assim como a composição florística inicial de um fragmento e a de suas áreas adjacentes (HAEUSSLER; BERGERON, 2004).

Felfili (1995b) menciona que as mudanças em comunidades florestais ocorrem continuamente ao longo do tempo, em níveis individuais e de populações de espécies, embora a comunidade como um todo deva ser estável, devido a um equilíbrio entre crescimento, recrutamento e mortalidade.

Segundo Rossato (2008), as florestas de cerrado apresentam um equilíbrio bastante dinâmico em função da frequente ocorrência de distúrbios como fogo, herbivoria e eventos de seca. Esses fatores tornam a dinâmica do Cerrado mais dependente das taxas de recrutamento e de crescimento de árvores já estabelecidas e da intensidade e frequência das perturbações.

De acordo com Corrêa e Berg (2002), Felfili (1995a) e Vanclay (1994), a dinâmica da vegetação pode ser avaliada pelo crescimento individual das árvores, especialmente pelo incremento em diâmetro ou em área basal e pela avaliação detalhada dos padrões espaciais e temporais de mortalidade e recrutamento.

O monitoramento da vegetação, por meio de mensurações periódicas, permite verificar mudanças na diversidade, na estrutura fitossociológica, na biomassa, taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade (FELFILI, 1994; FELFILI; REZENDE, 2003) e também o sequestro de carbono ou outras variáveis (ALDER; SYNNOT, 1992). Esse tipo de estudo pode ter finalidades estritamente demográficas sobre as espécies, ou buscar relacionar esses aspectos à variáveis ambientais. Podem ainda, serem mais detalhados, quando estudam a dinâmica de uma espécie visando obter informações para subsidiar o seu manejo e a sua exploração comercial (CHAGAS et al., 2001; SCOLFORO; SILVA, 1993).

De acordo com Libano e Felfili (2006), os estudos de dinâmica da vegetação permitem ainda, avaliar a efetividade do tamanho das áreas de conservação, a capacidade de manutenção da comunidade ao longo do tempo e indicar espécies para cultivo *ex situ* para programas de recuperação e manejo, sendo importantes para nortear tomadas de decisões quanto à conservação e manejo em áreas naturais. Segundo Aquino, Walter e Ribeiro (2007a), estudos sobre dinâmica da vegetação são prioritários para entendimento e conservação do bioma Cerrado.

Diversos estudos têm investigado áreas de Cerrado *Sensu Stricto* sob aspectos florísticos, fitossociológicos e fitogeográficos. Estes são de extrema importância para avaliar a diversidade e características estruturais dessas áreas. Esses trabalhos abordam, principalmente, variações florísticas e estruturais da vegetação em escala espacial. Como exemplos podem ser mencionados os

trabalhos de Felfili et al. (1994), Felfili e Felfili (2001), Oliveira Filho e Ratter (1995), Ratter, Bridgewater e Ribeiro (2003), Ratter e Dargie (1992) e Ratter et al. (1996).

Todavia, são poucos os estudos que originaram informações sobre as alterações na estrutura e na composição florística no Cerrado *Sensu Stricto* em escala temporal, podendo-se mencionar Aquino, Walter e Ribeiro (2007b), Felfili et al. (2000), Henriques e Hay (2002), Roitman, Felfili e Rezende (2008) e Silberbauer-Gottsberger e Eiten (1987).

Dessa forma, é consenso entre esses e outros autores a necessidade de estudos para obtenção de um conhecimento detalhado e mais bem embasado sobre a dinâmica estrutural, ao nível da comunidade ou de determinadas populações, ao longo do tempo, em áreas de Cerrado.

Estudar a dinâmica da vegetação em áreas de Cerrado *Sensu Stricto* torna-se importante no sentido de se melhor conhecer e compreender as taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento dessa fisionomia, permitindo compará-la com outras áreas de Cerrado em diferentes estágios silvigenéticos e também com outros tipos de florestas tropicais. São também fundamentais para conhecer quais são e como atuam os fatores que regem a dinâmica dessas áreas, tais como características do solo, distúrbios antrópicos, fragmentação e ocorrência ou ausência de fogo.

2.3.1 Mortalidade

A mortalidade refere-se ao número de árvores que foram mensuradas inicialmente, que não foram cortadas, e morreram durante o período de crescimento (SANQUETA, 1996). A observação desse evento é feita a partir da marcação, contagem, medida de indivíduos e a recontagem periódica desses

indivíduos por meio de inventário florestal contínuo (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1996; SHEIL; BURSLEM; ALDER, 1995).

A mortalidade pode ser causada por diversos fatores como: idade ou senilidade; competição e supressão; doenças ou pragas; condições climáticas; fogos silvestres, por anelamento e envenenamento, injúrias, corte ou abate da árvore (SANQUETTA, 1996).

De acordo com Swaine, Lieberman e Putz (1987), a morte das árvores e, em particular o padrão de mortalidade no tempo e no espaço, está intimamente ligada à longevidade máxima de árvores, à classe de tamanho, à abundância relativa das espécies e ao tamanho e número de lacunas no dossel, sendo um importante mecanismo através do qual a seleção natural atua.

Lee (1971) classificou a mortalidade de árvores em duas categorias: regular e irregular. Segundo o autor, a mortalidade regular refere-se à mortalidade ocorrida em função da competição entre os indivíduos por fatores necessários à sobrevivência, como luz, água, espaço físico e nutrientes. A mortalidade irregular é a causada por fatores exógenos ou catastróficos, como ataque de pragas, doenças, incêndios e eventos de destruição pelo vento. Em relação à mortalidade regular, o autor afirma que árvores vigorosas e aquelas mais adaptadas ao ambiente tendem a ter maior probabilidade de sobrevivência. Essa probabilidade aumenta com o tamanho e idade até que a árvore esteja madura.

Para Vanclay (1994) a mortalidade pode ser distinguida em mortalidade regular e mortalidade catastrófica. A mortalidade regular refere-se, principalmente, à mortalidade relacionada ao envelhecimento, supressão e concorrência, mas também à mortalidade decorrente do "acaso", caracterizada pela incidência normal de pragas, doenças e fenômenos climáticos (secas, tempestades, etc.). Nesse caso, esses eventos ocorrem normalmente com frequência menor do que uma vez a cada dez anos. Já a mortalidade catastrófica

inclui aquela causada por incêndios, por condições climáticas anormais e devido ao ataque de pragas e doenças na forma de surtos, sendo, neste caso, a ocorrência desses eventos caracterizada por elevada frequência e alto grau de severidade.

A probabilidade de uma árvore morrer pode ser influenciada por fatores inerentes a espécie ou ao próprio indivíduo, como o vigor (MANTGEM et al., 2003), tamanho em altura (CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1995; LÖF et al., 2007), à densidade da madeira (KING et al., 2006) e à idade (VANCLAY, 1994). De acordo com Suarez, Ghermandi e Kitzberger (2004), padrões de localização da biomassa e sensibilidade ao clima podem predispor indivíduos arbóreos à mortalidade. Davies (2001) também verificou que árvores que crescem lentamente têm maior probabilidade de morrer.

Segundo Swaine, Lieberman e Putz (1987), a morte de árvores influencia as condições microambientais e, conseqüentemente, as taxas de crescimento de árvores vizinhas, podendo aumentar ou diminuir a chance de morte de outras árvores.

Vanclay (1994) considera a mortalidade um dos fatores mais importantes para o entendimento da dinâmica das florestas tropicais. De acordo com autor, nos sistemas de corte seletivo praticados em florestas nativas, a mortalidade varia muito e é um componente essencial para gestão de longo prazo e previsão de rendimento.

De acordo com Sheil, Burslem e Alder (1995), o cálculo da taxa de mortalidade é feito em sua forma mais simples, conforme o modelo de declínio exponencial da população ou da comunidade, ($dN/dt = -\lambda N$), também expresso conforme a Equação 1:

$$\lambda = \ln (N_0/N_1)/t \quad (1)$$

em que: λ é a taxa instantânea de mortalidade; N_0 é o número de árvores no primeiro inventário; N_1 é o número de árvores sobreviventes no segundo inventário e t o período em anos decorrido entre o primeiro e o segundo inventário.

A utilização dessa formulação pode ser vista em King et al. (2006), Lewis et al. (2004), Lieberman et al. (1985) e Lieberman e Lieberman (1987).

Outra forma para o cálculo da taxa de mortalidade em florestas tropicais é a mortalidade anual, expressa pela Equação 2 e defendida por Sheil, Burslem e Alder (1995) como a forma correta de representação da mortalidade.

$$M = 1 - [1 - (N_0 - N_1)/N_0]^{1/t} \quad (2)$$

em que: M representa a taxa de mortalidade anual; N_0 é número de árvores no primeiro inventário; N_1 é número de árvores sobreviventes no segundo inventário e t o período em anos decorrido entre o primeiro e o segundo inventário.

A aplicação da Equação 2 pode ser vista em Condit, Hubbell e Foster (1995), Oliveira e Felfili (2008), Paiva, Araújo e Pedroni (2007), Rolim, Couto e Jesus (1999) e Swaine, Lieberman e Putz (1987), entre outros.

Sheil, Burslem e Alder (1995) fazem uma consideração quanto à utilização das duas formulações apresentadas acima e sugere que somente a segunda deve ser designada de taxa anual de mortalidade, sendo a primeira uma medida instantânea de declínio da população ou comunidade.

As taxas de mortalidade frequentemente observadas em florestas tropicais primárias, principalmente em florestas ombrófilas, variam entre 1 e 2 % (CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1995; LIBERMAN et al., 1985; SWAINE; LIBERMAN; PUTZ, 1987). Por outro lado, estudos realizados no Brasil em áreas de formações florestais menos úmidas e com maior grau de fragmentação

revelam taxas de mortalidade mais elevadas, normalmente variando entre 1 e 3%.

Oliveira Filho et al. (1997), estudando um fragmento de floresta estacional semidecidual em Lavras, MG, obtiveram uma taxa de mortalidade de 2,6% ao ano, considerando plantas com DAP > 5 cm como critério de inclusão. Oliveira e Felfili (2008) encontraram, para uma mata de galeria no Distrito Federal durante o intervalo de avaliação de 19 anos (1985 a 2004), uma mortalidade total de 42%, resultando numa taxa de 2,87% ao ano para árvores com DAP > 10 cm. Aquino, Walter e Ribeiro (2007) verificaram, para plantas com diâmetro a 0,30 m do solo maior ou igual a 3,0 cm, taxas de mortalidade iguais a 2,73 e 4,88% ao ano, em dois fragmentos de Cerrado *Sensu Stricto* no sul do Maranhão, após um período de 7 anos de monitoramento.

2.3.2 Recrutamento

O recrutamento refere-se a árvores que ingressaram em um levantamento, mas não estavam presentes no levantamento anterior ou, em outras palavras, árvores que ultrapassaram a dimensão mínima estabelecida para inclusão no intervalo entre dois levantamentos (CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1995). Essas dimensões mínimas podem se referir ao tamanho dos indivíduos em termos de diâmetro a altura do peito (DAP) e/ou altura (VANCLAY, 1994).

O recrutamento é um dos pontos fundamentais nos estudos de dinâmica da vegetação, estando a taxa de recrutamento, na maioria das florestas tropicais maduras, intimamente associada com a taxa de mortalidade, mantendo a densidade de árvores em equilíbrio ao longo do tempo (LIEBERMAN; LIEBERMAN, 1987; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987).

O recrutamento, juntamente com a mortalidade, também pode ser visto como uma forma de avaliação da riqueza de florestas, sendo altas taxas de recrutamento relacionadas à maior diversidade em florestas tropicais (PHILLIPS et al., 1994).

Segundo Carvalho (1997), o conceito de recrutamento, ou ingresso, é muitas vezes confundido com regeneração. Porém, Vanclay (1994) afirma que apesar de estes conceitos estarem relacionados, os mesmos se diferem, mesmo que de forma arbitrária, em relação ao estágio de desenvolvimento que a planta se encontra. Esses estágios são definidos como plântula, plântula estabelecida e, posteriormente, recruta, quando os indivíduos atingem as dimensões mínimas para sua inclusão no estudo.

Para Alder e Synnott (1992), o ingresso pode ser definido como o processo pelo qual as árvores menores surgem na população depois de uma medição inicial em uma parcela permanente, sendo a taxa de ingresso dependente do potencial de regeneração das espécies, da disponibilidade de luz e da competição.

Dessa forma, pode-se afirmar que os fatores que afetam o processo de regeneração natural, conseqüentemente, terão efeito sobre o recrutamento de indivíduos. Dentre esses, podem ser mencionados padrões de reprodução, produção e dispersão de sementes (CLARK et al., 1999; CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1992), a quantidade e qualidade de luz, a umidade, o solo, a temperatura e as interações intra e inter específicas envolvendo plantas, herbívoros e patógenos (CLARK; CLARK, 1985; JANZEN, 1970; RUIZ et al., 2009).

De acordo com Clark et al. (1999), existem duas visões relativas ao papel do recrutamento na dinâmica florestal. A primeira é que as populações possuem recrutamento limitado, com baixa e incerta produção de sementes ou estabelecimento de plântulas, estando essa, entre as causas para a ausência ou

raridade de algumas espécies. Nesse caso, a falta de fontes locais de sementes, ou a pouca produção de sementes combinada com a dispersão restrita das mesmas, apresentam impactos permanentes na dinâmica da população.

A segunda visão atribui um papel mais limitado na dinâmica da floresta ao suprimento de sementes e estabelecimento das plântulas. Nesse ponto de vista, o foco muda para distribuições e qualidade dos microssítios e fatores que afetam o crescimento e a mortalidade no banco de sementes e nos estágios de plântulas.

Coutinho (1981, 1990), Hoffman (1996) e Moreira (2000) destacam, ainda, a importância e os efeitos do fogo no processo de regeneração de espécies, sobretudo no Cerrado, onde a ocorrência frequente de queimadas beneficia as plantas resistentes e com capacidade de emitir brotações. Porém, Higuchi (2003) ressalta que o recrutamento de indivíduos oriundos da emissão de brotações, reduz a oportunidade de recrutamento dependente de sementes no tempo e espaço, o que pode vir a diminuir a riqueza florística na área estudada.

A taxa anual de recrutamento é normalmente calculada conforme o modelo algébrico apresentado em Sheil e May (1996), cuja formulação é apresentada na Equação 3.

$$R = \left[1 - \left(1 - \frac{r}{Nt} \right)^{\frac{Nt}{t}} \right] \times 100 \quad (3)$$

em que: R é a taxa de recrutamento anual; t é o intervalo de tempo entre levantamentos; Nt é igual ao número final de árvores sobreviventes depois de t; r é o número de árvores recrutadas.

O recrutamento, normalmente, apresenta comportamento mais estável que a mortalidade ao longo do tempo, variando, principalmente, em função do

tipo de vegetação, do estágio sucessional da vegetação estudada e da sazonalidade.

Taxas maiores de recrutamento são normalmente observadas após distúrbios, indicando a reconstrução de fragmentos, como 11% verificados por Henrique e Hay (2003) em área de cerrado. Por outro lado, Lopes e Schiavini (2007), em uma área de mata de galeria protegida, encontraram taxa de recrutamento de 0,71% após um período de 13 anos.

Silva (1989) afirma que grandes perturbações geralmente possibilitam a germinação e crescimento de um grande número de mudas de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo se desenvolvem até o tamanho mínimo de medição, determinando que a quantidade de ingresso esteja sujeita à composição de espécies e o grau de distúrbio do dossel.

2.3.3 Crescimento diamétrico

O crescimento pode ser definido como o aumento das dimensões (diâmetro, altura, área basal, volume, biomassa e outros) de uma ou mais árvores, em um dado período de tempo, sendo a soma destes referente à produção, ao final de um período de tempo (POORTER; BONGERS, 1993; SANQUETA; CÔRTE; EISEFELD, 2003).

As estimativas de crescimento arbóreo são determinadas através de medidas sucessivas, obtidas em parcelas permanentes, considerando principalmente o incremento em diâmetro (SHEIL, 2003).

O crescimento de árvores é dependente de fatores como a disponibilidade dos recursos ambientais (luz, água e nutrientes etc.), espaço físico, tamanho e constituição genética da árvore, bem como sua história de desenvolvimento, podendo cada um desses fatores afetar, sozinho ou em conjunto, o crescimento das árvores (POORTER; BONGERS, 1993).

Logo, o crescimento em diâmetro é extremamente variável tanto entre espécies arbóreas, assim como entre indivíduos de uma mesma espécie (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005; PULZ et al., 1999). Brienen, Harper e Townsend (2006) e Davies (2001) verificaram que o incremento em diâmetro é dependente do tamanho, onde árvores pequenas em geral crescem mais lentamente que árvores grandes. Baker et al. (2004) observaram que sob condições de alta disponibilidade de luz, espécies pioneiras possuem taxas de incremento diamétrico maiores que espécies não-pioneiras.

Chambers, Higuchi e Schimel (1998) estimaram que as taxas de crescimento diamétrico médio de árvores de diferentes idades e classes de tamanho, abatidas na região de Manaus, variaram de 0,1 a 0,6 cm ano⁻¹, sendo que as árvores de maior diâmetro tenderam a apresentar taxas de crescimento médio maior do que as árvores de menor diâmetro.

Conhecer o padrão de crescimento da floresta é um dos principais objetivos dos estudos de dinâmica, sendo o crescimento avaliado principalmente pelo incremento diamétrico e em área basal. Tais informações são de grande interesse para silvicultura e para o manejo florestal, sendo essenciais na elaboração de modelos para predizer o crescimento individual das árvores (GOMIDE, 1997; VANCLAY, 1994).

Além de sua importância para o manejo de espécies florestais, os estudos sobre processos de estabelecimento e crescimento arbóreo também se mostram importantes para subsidiar estratégias de conservação de espécies e recuperação de áreas degradadas (HALL, 1996; WEBB, 1999).

Estudos sobre dinâmica florestal têm demonstrado que a taxa de crescimento diamétrico em florestas tropicais é bastante variável. Em geral, taxas maiores de incremento são observadas em florestas úmidas em relação a florestas de ambientes com certo grau de limitação hídrica. Da mesma forma, maiores incrementos diamétricos são verificados em florestas em estágio

sucessional menos avançado e em florestas maduras que sofreram recente perturbação, quando comparadas às florestas maduras e preservadas (AQUINO; WALTER; RIBEIRO, 2007a; CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004; DAVIES, 2001; FELFILI, 1995a; LOPES; SCHIAVINI, 2006).

Deste modo, essas informações são importantes para avaliação de fragmentos florestais quanto ao seu estado de conservação e estágio sucessional, além de permitir uma análise do potencial de crescimento de espécies florestais de interesse.

3 CONCLUSÕES

Diante do imenso patrimônio florestal abrigado sobre o território brasileiro, a carência de informações sobre o mesmo é um fator que não só compromete a conservação e preservação do mesmo, mas também inviabiliza a utilização dessas riquezas em função do benefício de toda a sociedade.

Cabe à ciência florestal criar bases técnicas robustas, apoiadas em sólidos fundamentos científicos, que possibilitem o desenvolvimento do país associado ao uso racional dos recursos florestais e, dessa forma, promovendo a sustentabilidade na relação homem e meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALDER, D.; SYNNOTT, T. J. **Permanent sample plot techniques for mixed tropical forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1992. 124 p. (Tropical Forestry Papers, 25).

AQUINO, F. G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 793-803, jul./ago. 2007a.

_____. Woody community dynamics in two fragments of cerrado *stricto sensu* over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 113-121, jan./fev. 2007b.

BAKER, T. R. et al. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 5, p. 545-562, Sept. 2004.

BALANDIER, P. et al. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of drop tree competition by neighbouring vegetation. **Forestry**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 3-27, Jan. 2006.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BERG, E. van den; OLIVEIRA FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, set. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/arquivos/ppcerrado_consultapublica_182.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2010.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A.; DURING, H. J. Auto correlated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 237, n. 1/3, p. 179-190, Jan./Mar. 2006.

BURYLO, M.; REY, F.; DELCROS, P. Abiotic and biotic factors influencing the early stages of vegetation colonization in restored marly gullies, Southern Alps, France. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 30, n. 3, p. 231-239, July 2007.

CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: _____. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 43-55.

CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. Growth rate of terra firme rain forest in brazilian amazon over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.

CESARO, A. de et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, jun. 1994.

CHAGAS, R. K. et al. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 39-57, jan./fev. 2001.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. Ancient trees in Amazonia. **Nature**, London, v. 391, n. 8, p. 135-136, Feb. 1998.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in Costa Rica tropical rain forest. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, n. 4, p. 865-872, Dec. 1994.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Seedling dynamics of a tropical tree: impacts of herbivory and meristem damage. **Ecology**, Durham, v. 66, n. 6, p. 1884-1892, Oct. 1985.

CLARK, J. S. et al. Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. **Ecology**, Durham, v. 80, n. 5, p. 1475-1494, May 1999.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. New York: J. Wiley, 1966. 555 p.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs**, Durham, v. 65, n. 4, p. 419-439, 1995.

_____. Recruitment near conspecific adults and the maintenance of tree and shrub diversity in Neotropical forest. **American Naturalist**, Chicago, v. 140, n. 2, p. 261-286, Aug. 1992.

CORRÊA, B. S.; BERG, E. van den. Estudo da dinâmica da população de *Xylopia brasiliensis* Sprengel em relação a parâmetros populacionais e da comunidade em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 1-12, jan./jun. 2002.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: nota sobre a ocorrência e datação de carvões encontrados no interior de solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 115-117, jul. 1981.

_____. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Ed.). **Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: UNESP, 2002. p. 77-91.

CURRAN, P. J. The semivariogram in remote sensing: an introduction. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 24, n. 3, p. 493-507, Apr. 1988.

DAVIES, S. J. Tree mortality and growth in 11 sympatric *Macaranga* Species in Borneo. **Ecology**, Durham, v. 82, n. 2, p. 920-932, Apr. 2001.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB, 1994. p. 17-73.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 45-48, abr./jun. 2005.

FELFILI, J. M. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, The Hague, v. 117, n. 1, p. 1-15, Mar. 1995a.

_____. Floristic composition and phytosociology of the gallery forest along the Gama stream in Brasília, DF, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 1994.

_____. Growth, recruitment and mortality in Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period 1985-1991. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, n. 1, p. 67-83, Feb. 1995b.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: UnB, 2005. 54 p.

FELFILI, J. M. et al. Changes in the floristic composition of Cerrado *Sensu Stricto* in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 579-590, June 2000.

_____. Comparison of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in central Brazil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 237-243, jul./ago. 1998.

FELFILI, J. M. et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 175, n. 1, p. 37-46, July 2004.

FELFILI, J. M. et al. Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Caderno de Geociências**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 75-166, dez. 1994.

FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M. Diversidade alfa e beta no Cerrado *Sensu Stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 243-254, maio/ago. 2001.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: UnB, 2003. 64 p.

FROST, P. et al. Responses of savannas to stress and disturbance. **Biology International**, Paris, v. 10, p. 1-8, 1986. Special issue.

GOMIDE, G. L. A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primárias e secundária no Estado do Paraná**. 1997. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

HAEUSSLER, S.; BERGERON, Y. Range of variability in boreal aspen plant communities after wildfire and clear-cutting. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 34, n. 2, p. 274-288, Feb. 2004.

HALL, J. B. Seedling ecology and tropical forestry. In: SWAINE, M. D. (Ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. New York: Parthenon, 1996. p. 139-159. (Man and the Biosphere Series, 17).

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of Cerrado *Sensu Stricto* and cerradão communities in central Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.).

Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. London: Chapman & Hall, 1992. p. 171-184.

HENRIQUES, R. P. B.; HAY, J. D. Patterns and dynamics of plant population. In: OLIVEIRA, P. S.; ROBERT, J. M. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** New York: Columbia University, 2002. p. 140-158.

HIGUCHI, P. **Dinâmica da regeneração natural da vegetação arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG.** 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

HOFFMANN, W. A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 3, p. 383-393, June 1996.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A. G. The role of fire in populations dynamics of woods plants. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil.** New York: Columbia University, 2002. p. 159-177.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.** New York: Ronald, 1972. 410 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Ecosistemas Cerrado.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 14 set. 2010.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, Chicago, v. 104, p. 501-528, 1970.

KANEGAE, H. **Avaliação de sistema de inventários sucessivos e dos interpoladores espaciais como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *eucalyptus sp.*** Lavras: UFLA, 2004. 131 p.

KANEGAE, M. F.; BRAZ, V. S.; FRANCO, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 459-468, dez. 2000.

KING, D. A. et al. The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 94, n. 3, p. 670-680, Mar. 2006.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-155, jul. 2005.

LEE, Y. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. **Forestry Chronicle**, Saint Annede-Bellevue, v. 47, n. 1, p. 29-32, 1971.

LEWIS, S. L. et al. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 92, n. 6, p. 929-944, Dec. 2004.

LÍBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *Sensu Stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos, 1985-2003. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 927-936, jul./ago. 2006.

LIEBERMAN, D. et al. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 915-924, Nov. 1985.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica, 1969-1982. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 347-358, Nov. 1987.

LOETSCH, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, 1964. v. 1, 436 p.

LÖF, M. et al. Growth and mortality in underplanted tree seedlings in response to variations in canopy closure of Norway spruce stands. **Forestry**, Oxford, v. 80, n. 4, p. 371-384, Aug. 2007.

LONGHI, S. J. et al. Aspecto fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, mar./abr. 2000.

LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 249-261, mar./abr. 2007.

MANTGEM, P. J. van et al. Growth rate predicts mortality of *Abies concolor* in both burned and unburned stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 33, n. 6, p. 1029-1038, Dec. 2003.

MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de floresta estacional semidecidual Montana. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-15, jul./dez. 1996.

MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Análise comparativa de procedimentos de amostragem em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2000.

MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 27, n. 4, p. 1021-1029, July 2000.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NASCIMENTO, H. E. M. et al. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 329-342, maio 1999.

OLIVEIRA, A. C. de. **Geotecnologia na estratificação de povoamentos de *Eucalyptus* spp.** 2006. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

OLIVEIRA, A. P.; FELFILI, J. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos, 1985-2004. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 597-610, out./dez. 2008.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Tree species distribution along soil catenas in reverside semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora**, London, v. 192, n. 1, p. 47-64, Jan. 1997.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 52, n. 2, p. 141-194, Apr. 1995.

_____. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerradão biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUES, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** New York: Columbia University, 2002. p. 91-120.

PAIVA, L. V.; ARAÚJO, G. M.; PEDRONI, F. Structure and dynamics of a woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest in the "Estação Ecológica do Panga", municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 365-373, jul./set. 2007.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal.** Curitiba: UFPR, 1997. 316 p.

PHILLIPS, O. L. et al. Dynamics and species richness of tropical rainforests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 91, p. 2805-2809, Mar. 1994.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PULZ, F. A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-14, jan./jun. 1999.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, n. 2, p. 57-109, July 2003.

RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of floristic composition of 26 cerrado areas in Planaltina, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 49, n. 2, p. 235-250, Apr. 1992.

RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 53, n. 2, p. 153-180, July 1996.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

ROITMAN, I.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V. Tree dynamics of a fire-protected Cerrado *Sensu Stricto* surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991-2004) in Bahia, Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 197, n. 2, p. 255-267, Aug. 2008.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares, ES. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 49-69, jun. 1999.

ROSSATO, D. R. **Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas de Cerrado *Sensu Stricto* e mata de galeria**. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

RUIZ, J. et al. Recruitment dynamics of the tropical rainforest tree *Dipteryx oleifera* (Fabaceae) in eastern Nicaragua. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v. 51, n. 1/2, p. 321-338, 2009.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996. 49 p. (Série Didática, 8).

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; EISEFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de araucária (*Araucaria angustifolia*) Bert. O. Ktze. no Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1998. 438 p.

_____. **Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. 1990. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. 344 p.

_____. _____. Lavras: UFLA-FAEPE, 2006. 561 p.

SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, S. T. O conceito de floresta balanceada de Meyer como opção para intervenção em cerrado *senso stricto*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v. 1, p. 378-381.

SHEIL, D. Growth assessment in tropical trees: large daily diameter fluctuations and their concealment by dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 33, n. 10, p. 2027-2035, Oct. 2003.

SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 2, p. 331-333, Apr. 1995.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 91-100, Feb. 1996.

SHIVER, B. D.; BORDERS, B. E. **Sampling techniques for forest resource inventory**. New York: J. Wiley, 1996. 356 p.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; EITEN, G. Fitossociologia de um hectare de cerrado. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 13, p. 55-70, out. 1983.

_____. Hectare of Cerrado: I., general aspects of the trees and thick-stemmed shrubs. **Phyton**, Vicente Lopez, v. 27, n. 1, p. 55-91, Mar. 1987.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **Bioscience**, Washington, v. 52, n. 3, p. 225-233, Mar. 2002.

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 f. Thesis (Ph.D. in Forest Science) - University of Oxford, Oxford, 1989.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela Embrapa-Cpatu na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36 p. (Documentos, 36).

SILVA, S. T. da. **Estratificação da fitofisionomia Cerrado para inventário florestal utilizando geotecnologia**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, mar./abr. 2003.

SUAREZ, M. L.; GHERMANDI, L.; KITZBERGER, T. Factors predisposing episodic drought-induced tree mortality in *Nothofagus*: site, climatic sensitivity and growth trends. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 92, n. 6, p. 954-966, Dec. 2004.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 359-366, Nov. 1987.

THOMPSON, S. K. **Sampling**. New York: J. Wiley, 1992. 343 p.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. 2006. 389 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WEBB, E. L. Growth ecology of *Carapa nicaraguensis* Aublet. (Meliaceae): implications for natural forest management. **Biotropica**, Saint Louis, v. 31, n. 1, p. 102-110, Mar. 1999.

WERNECK, M. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Dynamics of a dry forest fragment after exclusion of human disturbance in southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 174, n. 2, p. 337-346, Feb. 2004.

CAPÍTULO 2

**Dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de cerrado *Sensu*
Stricto na região norte de Minas Gerais**

RESUMO

O Cerrado é caracterizado pela sua elevada riqueza de espécies vegetais aliada a um alto grau de endemismo. Porém, é considerado um dos domínios fitogeográficos mais ameaçados na atualidade no Brasil, principalmente em função da exploração madeireira de forma inadequada e da substituição da cobertura vegetal para implantação de atividades agropecuárias. Os estudos de dinâmica de comunidades florestais permitem um conhecimento detalhado desses ambientes, gerando informações que podem subsidiar a elaboração de projetos para conservação de remanescentes de vegetação de Cerrado assim como a identificação de áreas com potencial para manejo florestal sustentável. Nesse sentido, objetivou-se neste estudo investigar a dinâmica de um fragmento Cerrado *Sensu Stricto* no município de Bocaiúva, norte de Minas Gerais, no período de 2005 a 2010. Os dados foram obtidos a partir da mensuração de 24 parcelas permanentes de 10 x 100m. Em 2005 foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com DAP maior ou igual a 5,0 cm. Para cada indivíduo foram coletadas as informações: identificação botânica, DAP e altura. Em 2010 foram registrados os indivíduos mortos, remensurados os sobreviventes e mensurados e identificados botanicamente os indivíduos recrutados (DAP > 5 cm). Foi verificada a ocorrência de alterações estruturais e florísticas entre os inventários e calculadas as taxas de dinâmica: mortalidade, recrutamento e crescimento diamétrico. Observou-se que, após o período de 5 anos, houve um aumento de 7% no número de indivíduos na amostra que passou de 3527 para 3774 e uma expansão de 12,21 % da área basal, que passou de 10,40 para 11,77 m².ha⁻¹. Não foram verificadas grandes alterações na composição florística, riqueza e na diversidade da área, tendo o índice de diversidade de Shannon variado de 3,44 para 3,45 e o índice de Simpson se mantido estável entre as duas medições (0,95). As taxas anuais de mortalidade e recrutamento foram de 1,27 e 2,36 %, respectivamente, e o incremento diamétrico anual médio foi de 0,15cm. Os padrões apresentados em relação às taxas da dinâmica indicam que o fragmento apresenta tendência de aumento em área basal e em densidade, porém, aparenta estar em uma fase de desaceleração de sua dinâmica. Pôde-se concluir que o fragmento estudado mostra-se pouco perturbado, em estágio avançado de regeneração.

ABSTRACT

The Cerrado is characterized by high plant species richness coupled with a high degree of endemism. However, it is considered one of the most threatened areas phytogeographic today in Brazil, mainly due to improperly logging and replacement of vegetation for establishment of agricultural activities. Studies of dynamics of forest communities allow a detailed knowledge of these environments, generating information that can support the development of projects for conservation of remnant vegetation in the Cerrado and the identification of areas with potential for sustainable forest management. Accordingly, this study aimed to investigate the dynamics of a fragment Cerrado *Sensu Stricto* in the municipality of Bocaiuva, north of Minas Gerais, in the period 2005 to 2010. Data were obtained from 24 permanent plots measuring 10 x 100m. In 2005 we sampled all individuals with DBH greater than or equal to 5.0 cm. For each individual the information was collected: botanical identification, DBH and height. In 2010 individuals were reported dead, the survivors re-measured and measured and identified botanically recruited individuals (DBH > 5 cm). Was verified the occurrence of structural and floristic changes between inventories and calculated rates of mortality, recruitment and diameter growth. It was found after the period between inventories, a 7% increase in the number of individuals in the sample that went from 3527 to 3774 and an expansion of 12.21% of basal area, which went from 10.40 to 11.77 m² . ha⁻¹. No major changes were observed in the floristic composition, richness and diversity of the area, and the Shannon diversity index ranged from 3.44 to 3.45 and Simpson index remained stable between the two measurements (0.95). The annual rates of mortality and recruitment were 1.27 and 2.36%, respectively, and the average annual increment in diameter was 0.15 cm. The standards presented in relation to fees dynamics, indicate that the fragment has a tendency to increase in basal area and density, however, appears to be a slowing down its dynamics. It was concluded that the studied fragment is shown little disturbed, in an advanced stage of regeneration.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior reserva florestal natural do planeta, com aproximadamente 56% do seu território cobertos com florestas nativas (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2008). Este patrimônio é importante tanto sob aspectos ecológicos, relacionados à conservação da biodiversidade, como pela exploração e comercialização de produtos florestais serem uma atividade de grande importância para a economia do país.

O Cerrado é o segundo maior domínio fitogeográfico brasileiro, sendo reconhecido, principalmente, por sua elevada riqueza de espécies vegetais e alto grau de endemismo, abrigando mais de 11.000 espécies de plantas fanerógamas e cerca de 980 espécies arbóreas, das quais 43% são consideradas endêmicas (WALTER, 2006).

No entanto, assim como a maioria dos domínios vegetacionais brasileiros, o Cerrado enfrenta problemas para sua conservação, desaparecendo a uma taxa média de cerca de 25.000 Km². ano⁻¹ (KLINK; MACHADO, 2005). Dentre as principais causas apontadas por Felfili et al. (2004) estão o desmatamento em função do desenvolvimento de atividades agropecuárias e a existência de poucas áreas legalmente protegidas neste domínio, tornando-o um dos ambientes mais ameaçados do mundo.

Em meio à grande relevância das florestas nativas para o país, contraposta pela intensa destruição e exploração predatória das mesmas, a ciência florestal tem buscado conhecer de forma detalhada esses ecossistemas e seus processos ecológicos, a fim de subsidiar a elaboração de estratégias para conservação de remanescentes florestais, bem como para o planejamento de uma utilização das florestas sobre bases sustentáveis.

Em sua maioria, esses estudos de vegetação objetivam o conhecimento e a descrição da composição florística e de aspectos fitossociológicos (BERG; OLIVEIRA FILHO, 2000; LONGHI et al., 2000; SOUZA et al., 2003), o entendimento e definição de padrões fitogeográficos (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RATTER; DARGIE, 1992; RIZZINI, 1997), a associação de padrões da vegetação com fatores ambientais bióticos e abióticos (FELFILI et al., 2004; OLIVEIRA FILHO et al., 1997), ou ainda, estudar a dinâmica de comunidades vegetais verificando mudanças espaciais e temporais na composição florística e na estrutura (FELFILI et al., 2000; LOPES; SCHIAVINI, 2007; NASCIMENTO et al., 1999; OLIVEIRA; FELFILI, 2008; ROLIM; COUTO; JESUS, 1999; WERNECK; FRANCESCHINELLI, 2004).

Segundo Felfili, Carvalho e Haidar (2005), os estudos de dinâmica buscam, principalmente, melhor compreender e prever as mudanças que ocorrem na vegetação ao longo do tempo, e são realizados por meio da implantação de unidades amostrais permanentes, que visam a mensuração periódica da vegetação.

Por meio do monitoramento da vegetação é possível verificar a ocorrência de alterações naturais na composição florística e na estrutura da vegetação ao longo do tempo, sendo este conhecimento importante para compreender os processos e mecanismos que mantêm a comunidade. Estas informações podem ser utilizadas tanto para fins de caracterização biológica visando a conservação desses ecossistemas, como para realização de inferências sobre o potencial de algumas espécies para fins de exploração.

Aquino, Walter e Ribeiro (2007) e Felfili et al. (2000) mencionam carência de estudos de dinâmica de vegetação no Brasil, sobretudo em áreas de Cerrado. Dentre os poucos estudos realizados neste domínio, destacam-se os trabalhos feitos por Aquino, Walter e Ribeiro (2007), Felfili (1995), Felfili et al. (2000), Henriques e Hay (2002), Roitman, Felfili e Rezende (2008) e

Silberbauer-Gottsberger e Eiten (1987). Contudo, diante da heterogeneidade, dimensão e alta riqueza apresentada neste domínio, a quantidade e qualidade das informações sobre composição florística, dinâmica estrutural e crescimento do Cerrado brasileiro podem ser consideradas incipientes.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi investigar a dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto*, no município de Bocaiúva, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento florestal fisionomicamente caracterizado como Cerrado *Sensu Stricto*, localizado no município de Bocaiúva, MG. O município está situado na região norte do Estado, tendo como referência as coordenadas geográficas 17° 44' 21'' S e 46° 09'55'' W. (Figura 1). O clima é caracterizado como Aw pela classificação de Koppen, apresentando temperatura média anual em torno de 24°C e precipitação média anual de 1.246 mm. A altitude média do município é 820m e predominam neste os solos Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho amarelo, ambos distróficos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

O fragmento estudado é parte das áreas de Reserva Legal da Fazenda Corredor, pertencente à Vallourec e Mannesmann Florestal, e possui área de 84,6 ha tendo como coordenadas de referência 17° 44' 21'' S e 46° 09'55'' W. O fragmento está inserido em uma matriz composta, principalmente, por florestas de eucalipto, mas também apresenta partes de seu perímetro vizinho a outros fragmentos de vegetação nativa, correspondentes a outras áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente (APP).

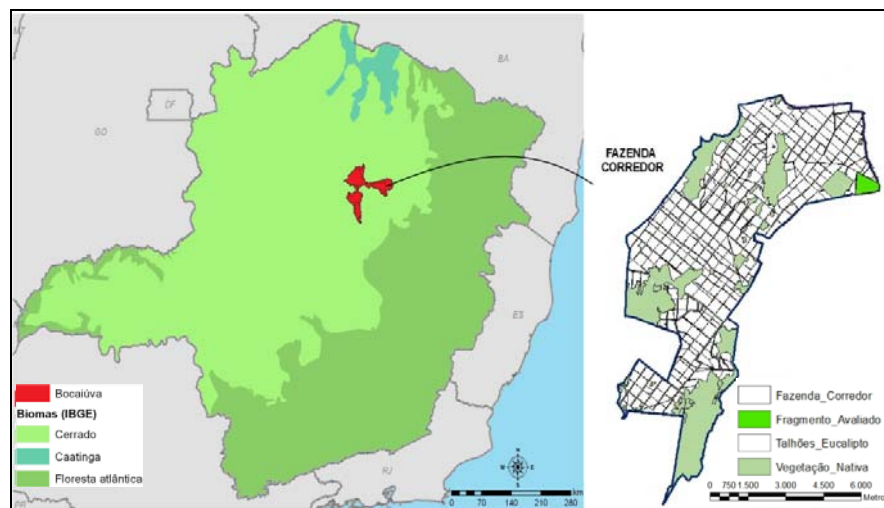


Figura 1 Localização do Município de Bocaiúva no estado de Minas Gerais e destaques para a Fazenda Corredor e para o fragmento estudado

2.2 Inventário florestal contínuo

Os inventários florestais foram realizados nos anos de 2005 e 2010. Foram lançadas 24 parcelas com dimensões correspondentes a 10 x 100 m (1000 m²) que foram distribuídas na área de acordo com o procedimento de amostragem sistemático (LOETSCH; HALLER, 1974; PÉLICO NETTO; BRENA, 1997).

Na primeira ocasião (2005), em cada parcela foram registradas as circunferências à altura do peito (CAP), medidas a 1,30 m do solo, e altura total de todas as árvores com CAP igual ou superior a 15,71 cm (DAP maior ou igual a 5,0cm). Foram utilizadas fita métrica e vara graduada para obtenção dos dados de CAP e altura, respectivamente. As árvores foram marcadas com plaqueta de alumínio indicando sua numeração dentro da parcela e o número da parcela, sendo também identificadas botanicamente. Nos casos em que não foi possível a

identificação das plantas no campo, foram coletados materiais botânicos que foram identificados e depositados no herbário da UFLA. A classificação botânica das espécies baseou-se no Angiosperm Phylogeny Group II (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG, 2003).

Na segunda ocasião, seguiu-se a mesma metodologia do primeiro levantamento. As árvores vivas e mortas em pé foram remedidas. Foram feitos os registros e medições das árvores ingressantes, aquelas que atingiram a circunferência mínima para medição, que também foram plaqueteados seguindo a numeração sequencial em relação ao inventário de 2005, sendo também identificadas botanicamente. Fustes novos, das árvores já mensuradas em 2005, também foram registrados, medidos e plaqueteados com mesma numeração do fuste medido na primeira ocasião, porém foi acrescida uma letra do alfabeto para diferenciá-los. Foram registradas as árvores mortas caídas e árvores não encontradas.

2.3 Dinâmica da comunidade arbórea

A partir das informações coletadas em campo, foram calculadas as taxas de mortalidade e recrutamento, bem como as taxas de ganho e perda em área basal, expressos em porcentagem, calculadas por meio dos modelos algébricos, com base no número de indivíduos e área basal, de acordo com Sheil, Burslem e Alder (1995) e Sheil e May (1996):

$$M = \left[1 - \left(\frac{N_p - N_m}{N_p} \right)^{\frac{1}{v}} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$R = \left[1 - \left(1 - \frac{N_t}{N_0} \right)^{\frac{1}{t}} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$P = \left[1 - \left[\frac{AB_0 - (AB_m + AB_d)}{AB_0} \right]^{\frac{1}{t}} \right] \times 100 \quad (3)$$

$$G = \left[1 - \left(1 - \frac{(AB_r + AB_g)}{AB_t} \right)^{\frac{1}{t}} \right] \times 100 \quad (4)$$

em que: M é a taxa de mortalidade anual; R é a taxa de recrutamento anual; P é a taxa de perda em área basal anual; G é a taxa de ganho em área basal anual; t representa o intervalo de tempo em anos entre os inventários; N_0 é o número inicial de árvores; N_t é número final de árvores vivas depois de t; N_m é o número de árvores mortas; N_r é o número de árvores recrutadas; AB_0 é a área basal inicial; AB_t é a área basal final depois de t; AB_m é a área basal das árvores mortas; AB_d é a perda em área basal (perda de fustes e redução diamétrica); AB_r é a área basal de árvores recrutadas; e AB_g é o ganho em área basal (crescimento das árvores).

A partir das taxas de mortalidade e recrutamento foram calculados, respectivamente, os tempos de meia vida ($T_{0,5}$) e de duplicação (T_2) (KORNING; BALSLEV, 1994). O tempo de meia vida ($T_{0,5}$) representa o tempo necessário para uma população ou a comunidade se reduzir à metade do seu tamanho a partir da presente taxa de mortalidade, sendo que, quanto maior a taxa de mortalidade menor será a meia vida (OLIVEIRA; FELFILI, 2008; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987), sendo calculado por meio da equação 5:

$$T_{(0,5)} = \frac{\ln(0,5)}{\ln(1+M)} \quad (5)$$

onde: ln é ao Logaritmo natural e M é a taxa de mortalidade.

O tempo de duplicação (T_2), calculado através da equação 6, é o tempo necessário para populações ou a comunidade como um todo duplicar o seu tamanho a partir da presente taxa de recrutamento, sendo quanto maior a taxa de recrutamento menor o tempo de duplicação (T_2) (KORNING; BALSLEV, 1994).

$$T_{(2)} = \frac{\ln(2)}{\ln(1+R)} \quad (6)$$

onde: \ln já foi definido anteriormente e R é a taxa de recrutamento.

Utilizando-se os valores de $T_{0,5}$ e de T_2 foram determinados, por meio das equações 7 e 8 (KORNING; BALSLEV, 1994), os tempos de estabilidade (E) e de rotatividade ou *turnover* (R), ambos expressos em anos. A estabilidade é calculada a partir da diferença entre o tempo de duplicação e de meia vida, e quanto mais próxima de zero mais estável é a comunidade. A rotatividade é a média aritmética entre a meia vida e o tempo de duplicação, e quanto menor o valor mais dinâmica é a comunidade (OLIVEIRA; FELFILI, 2008).

$$E = |T_{(0,5)} - T_{(2)}| \quad (7)$$

$$R = \frac{(T_{(0,5)} + T_2)}{2} \quad (8)$$

O incremento médio anual de DAP, por indivíduo, expresso em cm. ano^{-1} , foi obtido pela média das diferenças entre a segunda e primeira medições divididas pelo tempo transcorrido em anos mediante a equação 9 (SCOLFORO, 1998).

$$IPA = \frac{\sum \left[\frac{(d_2 - d_1)}{t} \right]}{n} \quad (9)$$

em que d_2 = dap na segunda medição; d_1 = dap na primeira medição; t = tempo decorrido entre as duas medições (anos) n = número de indivíduos sobreviventes.

O estudo mais detalhado das taxas da dinâmica foi realizado a partir da distribuição diamétrica da floresta considerando classes de diâmetro com amplitude de 5,0 cm, conforme Roitman, Felfili e Rezende (2008). Alterações na estrutura fitossociológica foram avaliadas considerando a distribuição diamétrica e os parâmetros da estrutura horizontal (MULLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974) para cada espécie: Densidade (D), Dominância (Do) e Frequência (F) em seus valores absolutos e também sob aspectos relativos a partir do Índice de valor de importância (IVI) que sintetiza os três primeiros. Foi também utilizado o valor de cobertura (VC), que expressa o grau de cobertura das espécies na comunidade a partir da soma de Densidade e Dominância em termos relativos.

2.4 Composição florística, riqueza e diversidade

Foram verificadas alterações na composição florística, na riqueza e na diversidade entre as duas medições. A avaliação da alteração na diversidade de espécies durante o período foi realizada pela comparação dos índices de diversidade de Shannon (H') (MAGURRAN, 1988) e de Simpson (D) (BROWER; ZARR, 1984). A uniformidade da distribuição das espécies foi verificada pelo índice de Pielou (J').

2.5 Análise estatística

Para verificar se houve diferença significativa na frequência de indivíduos nas diferentes classes de diâmetro entre o primeiro e o segundo inventário foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov (SIEGUEL, 1975). Este teste também foi utilizado com a mesma finalidade por Battles et al. (2003), Roitman, Felfili e Rezende (2008) e Silva e Araújo (2009).

Para comparar os índices de diversidade de Shannon entre a primeira e a segunda ocasião foi utilizado o teste “t” de Hutcheson (HUTCHESON, 1970; MAGURRAN, 1988).

A existência de dependência entre frequência de árvores mortas e a classe diamétrica foi verificada pelo teste χ^2 (chi quadrado) (ZAR, 1999).

Para obtenção dos resultados referentes ao monitoramento da vegetação foi utilizado o software Mata Nativa 3 (FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CIENTEC, 2010) e os testes estatísticos foram realizados nos softwares Past 2.04 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), Bioestat (AYRES et al., 2003) e Statgraphics Centurion XV ® versão 15.1.02.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mudanças estruturais na comunidade

Durante o período compreendido entre os inventários houve uma expansão de 7,0 % da densidade e 12,21 % em área basal. A densidade da comunidade passou de 1470 indivíduos. ha⁻¹ em 2005 para 1572,5 indivíduos. ha⁻¹ em 2010. A área basal por hectare variou de 10, 405 m² para 11, 773 m² durante o período de estudo, sendo a diferença entre as duas ocasiões estatisticamente significativa pelo teste t pareado ($t= 18,8779$ $p<0,001$) ao nível de 5% de significância. O crescimento das árvores sobreviventes foi responsável por 73,01% do incremento bruto, enquanto 26,99% do crescimento em área basal ocorreram em função do ingresso de novos indivíduos.

Em ambas as ocasiões a distribuição diamétrica seguiu o padrão exponencial negativo ou “J invertido” (Gráfico 1), comum em florestas nativas, não havendo alteração significativa nas frequências de indivíduos por classe diamétrica de acordo com teste Kolmogorov-Smirnov entre as duas amostras (DN = 0,115; $p>0,05$) ao nível de 5% de significância.

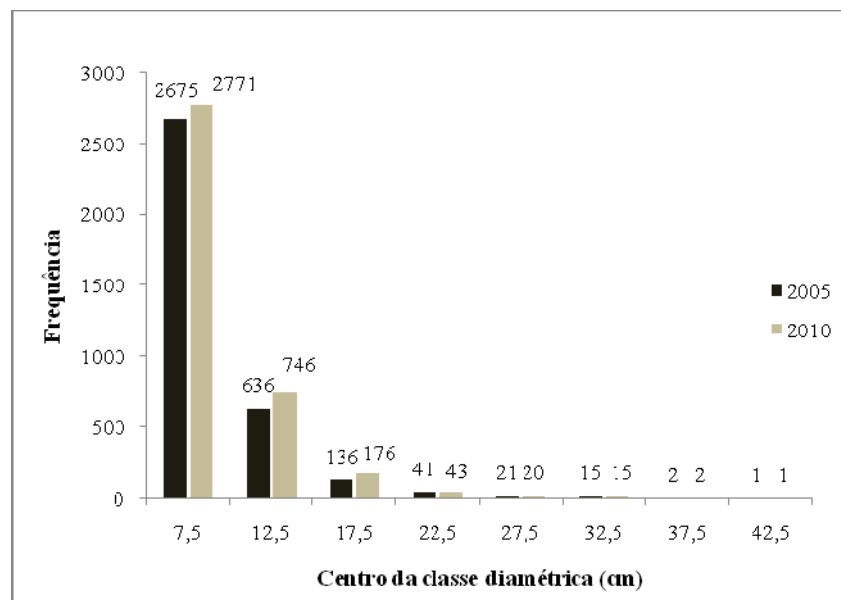


Gráfico 1 Distribuição diamétrica em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva MG, em 2005 e em 2010

Os parâmetros Densidade absoluta (DA), Dominância absoluta (DoA) e Frequência absoluta (FA) de cada espécie, assim como a lista de espécies, são apresentados no Anexo 1. Houve alterações na estrutura horizontal da comunidade entre as duas medições, principalmente relacionadas às espécies de menor dominância ecológica, com 78% das espécies apresentando alternância de posições em relação à ordenação pelo índice de valor de importância (IVI), enquanto as espécies dominantes apresentaram maior estabilidade e tendência de aumento da sua dominância (Anexo 1).

As três espécies com maior IVI em 2005 foram *Pouteria torta*, *Eriotheca pubescens* e *Dalbergia miscolobium*, e assim permaneceram em 2010 (Anexo 1). Das dez espécies com maior IVI em 2005, seis mantiveram-se na mesma posição no ranqueamento pelo IVI. Duas delas, *Eugenia aurata* e *Caryocar brasiliense*, ascenderam no ranking. Nota-se que houve considerável

variação nas posições das espécies conforme a ordenação pelo IVI. Este fato se deve principalmente à dinâmica natural das populações dentro da comunidade em função da mortalidade, recrutamento e crescimento, que são os principais fatores atuantes na formação da estrutura da floresta.

3.2 Alterações na composição florística, riqueza e diversidade

Após o período de 5 anos não foram observadas grandes alterações na composição florística do fragmento. Em 2005, foram identificadas 88 espécies distribuídas em 63 gêneros e 35 famílias. Na segunda medição, foram identificadas 89 espécies, 65 gêneros e 36 famílias botânicas. Foram acrescentadas à lista florística as espécies *Casearia arborea* (Rich.) Urb. e *Strychnos pseudoquina* A.St.-Hil., ambas representadas por um indivíduo na amostra. Já a espécie *Guarea macrophylla* Vahl deixou de fazer parte da composição florística das parcelas, devido à morte do único indivíduo que a representava (Anexo 1).

Além da pouca alteração na riqueza, verificou-se pouca alteração na proporção de indivíduos por espécie, uma vez que o índice de Shannon variou de 3,44 nats/indivíduo em 2005 para 3,45 nats/indivíduo em 2010, sendo esta alteração não significativa de acordo com o teste t de Hutcheson ($t=0,456$; $p>0,05$) e a equabilidade de Pielou (J') manteve-se igual a 0,77 nos dois inventários, valor este, que pode ser considerado relativamente alto, indicando que as espécies estão uniformemente representadas em relação ao número de indivíduos da amostra.

O índice de Simpson (D) também denotou alta diversidade para a área estudada e se manteve estável em 0,95 ($t= 0,934$; $p>0,05$), uma vez que o mesmo é pouco influenciado por espécies raras, não sendo, portanto, afetado pelas pequenas alterações na riqueza.

Estes valores encontrados nas duas ocasiões para H' e J' estão próximos dos verificados em outras áreas de Cerrado *Sensu Stricto*, como os obtidos por Roitman, Felfili e Rezende (2008) no sudoeste da Bahia, em que H' variou de 3,33 para 3,56 e J' de 0,80 para 0,81 em um período de 13 anos de monitoramento. Felfili et al. (2000) observaram, em uma área de Cerrado *Sensu Stricto* no Distrito Federal, decréscimo de H' de 3,46 para 3,36 e J' passando de 0,84 para 0,83, após um período de 9 anos. Nota-se, nesses dois casos, maior variação no índice de Shannon em relação a este trabalho.

O valor obtido para o índice de Simpson foi semelhante aos obtidos por Líbano e Felfili (2006), que verificaram D' variando entre 0,95 e 0,93 durante um período de 18 anos em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* no Distrito Federal, sendo também igual e invariável como o obtido por Felfili et al. (2000).

As famílias de maior destaque também não se alteraram entre as medições, sendo as que apresentaram maior número de indivíduos em 2010 foram: Fabaceae Faboideae (14,9% dos indivíduos), Myrtaceae (11,9%), Sapotaceae, (11,2%), Malvaceae (8,3%), Fabaceae Caesalpinioideae (7,31%) e Malpighiaceae (6,34%), estando essas famílias entre as mais abundantes em áreas de cerrado no estado de Minas Gerais, segundo Scolforo, Mello e Oliveira (2008).

Fabaceae (incluindo todas as subfamílias), segundo Goodland (1979), é uma das famílias mais importantes nas formações florestais do domínio Cerrado, justificando seu predomínio à capacidade de fixação de nitrogênio apresentada por várias de suas espécies, o que pode representar uma vantagem competitiva, principalmente nos solos pobres do Brasil Central.

A área em questão pode ser caracterizada como de alta diversidade e apresentando um padrão de áreas não atingidas por distúrbios severos e não associada à ação antrópica, uma vez que ocorreram poucas alterações na

diversidade, sugerindo aparente estabilidade (FELFILI et al., 2000; SWAINE; LIEBERMAN, 1987).

3.3 Mortalidade e recrutamento

Constatou-se, após o período de 5 anos, a morte de 218 indivíduos (260 fustes) e o ingresso de 465 indivíduos (483 fustes) nas 24 parcelas amostradas. A taxa de mortalidade calculada foi de 1.27% .ano⁻¹ e a taxa de recrutamento foi de 2,57%.ano⁻¹. Devido à maior taxa de recrutamento em relação à taxa de mortalidade, o tempo de duplicação (T₂) calculado para a comunidade também foi superior a meia vida (T_{0,5}), sendo estes tempos iguais a 27 e 55 anos, respectivamente (Tabela 1). O recrutamento foi maior na primeira classe diamétrica, correspondendo a 98,5% dos indivíduos recrutados.

Apesar de as duas primeiras classes diamétricas (5-10 e 10-15 cm) responderem por 94 % do número de indivíduos mortos, a mortalidade mostrou-se independente da classe de tamanho dos indivíduos ($\chi^2 = 9,733$; p=0,204), sendo a maior frequência de mortos apenas em função do maior número de indivíduos existentes nessas classes. Esse padrão também foi verificado por Liberman et al. (1985) e por Rolim, Couto e Jesus (1999) sendo um padrão comum em florestas maduras (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987). Em contrapartida, taxas de mortalidade superiores em classes de indivíduos de menores tamanhos têm sido relatadas para as florestas tropicais se recuperando do distúrbio (FELFILI, 1995; HIGUCHI et al., 2008; OLIVEIRA FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997; WERNECK; FRANCESCHINELLI, 2004).

A taxa de mortalidade anual encontrada neste trabalho mostra-se dentro do intervalo estipulado por Swaine, Lieberman e Putz (1987) para florestas tropicais, porém, pode ser considerada relativamente baixa quando comparada às taxas de 2,7 e 3,2% encontradas por Aquino, Walter e Ribeiro (2007) e 1,93%

obtida por Roitman, Felfili e Rezende (2008) em áreas de Cerrado *Sensu Stricto*, e também em relação às taxas de 2,87% (OLIVEIRA; FELFILI, 2008), 2,85% (LOPES; SCHIAVINI, 2007) em mata de galeria, de 2,5% verificadas por Korning e Balslev (1994) na floresta amazônica e 4,1% (SILVA; ARAÚJO, 2009) e 2,56% (OLIVEIRA FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997) em florestas estacionais semidecíduais.

A taxa anual de recrutamento obtida neste estudo (2,57%) foi inferior a outras observadas em áreas de Cerrado *Sensu Stricto*, como às taxas de 3,2% e 5,9 % encontradas por Aquino, Walter e Ribeiro (2007), 3,2% obtida por Roitman, Felfili e Rezende (2008) e 11,57% encontrada por Henriques e Hay (2002), sendo o último valor considerado muito elevado pelos próprios autores. Entretanto, a taxa observada neste trabalho ocupa uma posição intermediária em relação aos valores de 2,03% obtidos por Lieberman e Lieberman (1987) em uma floresta tropical na Costa Rica, 3,09% obtidos por Korning e Balslev (1994) na floresta amazônica equatoriana, e em relação às taxas de 2,0% e 3,0% encontrados por Apolinário, Oliveira Filho e Guilherme (2005) e Oliveira Filho, Mello e Scolforo (1997), respectivamente, em florestas estacionais semidecíduais na região Sudeste do Brasil. Valores menores que o verificado neste trabalho, 1,40% e 1,98%, foram encontrados por Braga e Rezende (2007) e Lopes e Schiavini (2007) respectivamente, em matas de galeria.

O balanço favorável ao recrutamento verificado neste trabalho, e também por Aquino, Walter e Ribeiro (2007), Henriques e Hay (2002) e Roitman, Felfili e Rezende (2008), é uma característica comum de florestas tropicais (SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987), e que segundo Felfili et al. (2000) é reflexo do equilíbrio dinâmico existente entre taxas de mortalidade e recrutamento, que hora apresenta-se favorável à mortalidade, hora seguido por períodos de favorecimento ao recrutamento, mantendo a estrutura e a composição florística da comunidade como aparentemente estáveis.

De acordo com Henriques e Hay (2002), taxas de recrutamento superiores a taxas de mortalidade também podem ser consideradas indícios de que as florestas estão em formação ou se recompondo após um distúrbio, e associam a demasiada superioridade da taxa de recrutamento sobre a mortalidade, encontrada em seu trabalho, ao fato de a comunidade estar em processo de construção (formação) proporcionado pela ausência de fogo na área estudada.

Considerado que a área em estudo encontra-se relativamente preservada e sem distúrbios evidentes, pode-se afirmar que o padrão obtido esteja associado a aspectos naturais, dentre os quais pode-se supor a sazonalidade.

A rotatividade de 41,7 anos com base no número de indivíduos (31,2 com base em área basal) encontrada neste trabalho é maior que os valores obtidos em florestas consideradas muito dinâmicas como visto em Aquino, Walter e Ribeiro (2007) e Roitman, Felfili e Rezende (2008), em áreas também protegidas de Cerrado *Sensu Stricto*. A rotatividade com base em número de indivíduos, obtida neste trabalho, é também superior ao valor verificado por Oliveira Filho, Mello e Scolforo (1997) em floresta estacional semidecidual e por Carvalho (2009) e Werneck e Franceschinelli (2004) em florestas estacionais decíduais. A rotatividade calculada para o fragmento em estudo se aproxima dos valores observados em florestas úmidas, com dinâmica menos acelerada, por Lieberman e Lieberman (1987) na Costa Rica e Korning e Balslev (1994) em áreas de terra firme no Añangu, na Amazônia equatoriana.

Por outro lado, estabilidade igual a 27,9 anos com base no número de indivíduos (26,9 anos base em área basal), encontrada neste trabalho, mostra-se bastante elevada em relação aos valores obtidos nos trabalhos mencionados acima, que variam de 1 a 17 anos, com média em torno de 6 anos, demonstrando ser o fragmento estudado bastante instável. Segundo Henriques e Hay (2002), a instabilidade pode ser considerada como uma fase, caracterizada

por uma mudança líquida no número de indivíduos e ou na área basal, sendo também evidenciada por variações na distribuição diamétrica e número de espécies.

As baixas taxas de mortalidade e recrutamento e a elevada rotatividade indicam que fragmento encontra-se em uma fase de desaceleração da sua dinâmica, que, de acordo com Korning e Balslev (1994), podem indicar o final de uma fase de crescimento caminhando para o início de uma fase homeostática de acordo com terminologia proposta por Hallé, Oldeman e Tomlinson (1978). Esta circunstância é caracterizada pelo acúmulo da área basal, principalmente, por causa do crescimento de sobreviventes, além de mortalidade e recrutamento quase equilibrados, oscilando de acordo com fatores principalmente internos, que são mantenedores do equilíbrio dinâmico da comunidade.

Considerando a dinâmica de populações, 41% das espécies apresentaram diferença positiva entre as taxas de mortalidade e recrutamento, 37,5% diferença nula e 21% apresentaram taxa de mortalidade maior que taxa de recrutamento. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos mortos foram *Cabrlea canjerana* (16); *Stryphnodendron adstringens* (16); *Byrsonima coccolobifolia* (14); *Erythroxylum ambiguuum* (10); *Couepia grandiflora* (8) *Dalbergia miscolobium* (8) e *Eugenia aurata* (6). Porém, considerando as diferenças entre as taxas de mortalidade e recrutamento, as espécies *Myrsine umbellata*, *Eremanthus erythropappus*, *Lafoensia vandelliana*, *Cabrlea canjerana* e *Eriotheca gracilipes* foram as espécies mais impactadas pela morte de indivíduos, apresentando tendência de redução na densidade devido a perdas que variaram de 25 a 33% de suas populações entre 2005 e 2010.

As espécies *D. miscolobium* e *E. aurata*, apesar de estarem entre as espécies que tiveram maior número de árvores mortas, apresentam grande número de indivíduos na área estudada e também estão entre as espécies com

maior recrutamento, não sofrendo grandes alterações em suas populações (Anexo 1).

Dentre as espécies com maior recrutamento de indivíduos destacam-se: *Eugenia aurata* (50), *Pouteria torta* (38), *Copaifera langsdorffii*, (37) *Dalbergia miscolobium* (30), *Aspidosperma tomentosum* (23), *Eriotheca pubescens* (22) e *Miconia albicans* (22) indivíduos. *Copaifera langsdorffii* e *M. albicans* apresentaram elevada taxa de recrutamento, indicando que está havendo a estruturação de suas populações na comunidade.

Tabela 1 Dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG, no período de 2005 a 2010

DENSIDADE	Área amostrada (ha) = 2,4
Número de indivíduos-2005	3527
Número de indivíduos-2010	3774
Varição líquida (%)	7,00
Número de Indivíduos Mortos	218
Número de Fustes Mortos	42
Número de Indivíduos Recrutados	465
Número de Fustes Recrutados	18
Taxa anual de Mortalidade (%)	1,27
Taxa anual de Recrutamento (%)	2,57
Meia Vida (anos)	55,0
Tempo de Duplicação (anos)	27,1
Estabilidade (anos)	27,9
Rotatividade (anos)	41,7
ÁREA BASAL	
G 2005 (m ²)	24,97
G 2010 (m ²)	28,16
Varição líquida (%)	12,77
G -Mortas (m ²)	1,88
G -Recrutadas (m ²)	1,32
G -Crescimento sobreviventes (m ²)	3,75
Tx. Anual de Ganho (%)	3,89
Tx. Anual de Perda (%)	1,55
Meia Vida (anos)	45,0

“ Tabela 1, conclusão”

Tempo de Duplicação (anos)	18,3
Estabilidade (anos)	26,9
Rotatividade (anos)	31,2
Incremento diamétrico (cm. ano⁻¹)	0,15

3.4 Crescimento diamétrico

Felfili, Carvalho e Haidar (2005) mencionam que dados de incrementos diamétricos normalmente não apresentam distribuição normal, sendo mais apropriada a utilização de medianas e a amplitude dos dados para uma melhor avaliação do crescimento. Entretanto, como na maioria dos estudos publicados sobre crescimento de florestas nativas apresentado somente pelo IPA médio este será utilizado como critério de comparação com o IPA apresentado em outras áreas.

O incremento diamétrico médio anual calculado para a comunidade em estudo foi igual a 0,148 cm (S= 0,12 cm) e mediana = 0,13 cm, estando o valor médio bem acima do incremento anual de 0,09 cm.ano⁻¹ registrado (ROITMAN; FELFILI; REZENDE, 2008) e em uma posição intermediária em relação aos valores de 0,13 e 0,17 cm.ano-1 verificados por Aquino, Walter e Ribeiro (2007) e 0,16 cm.ano-1 encontrado por Henriques e Hay (2002) em outras áreas de Cerrado *Sensu Stricto* e inferior aos 0,27 cm ano-1 registrados por Silberbauer-Gottsberger e Eiten (1987) em uma área de Cerrado *Sensu Stricto* em São Paulo.

O IPA médio do fragmento estudado mostra-se também menor do que os verificados em florestas tropicais de ambientes mais úmidos, como 0,36 cm ano-1 e 0,20 cm ano-1 encontrados por Carvalho, Silva e Lopes (2004) em área não explorada e explorada, respectivamente, na floresta amazônica, 0,22 cm ano-1 encontrados por Oliveira e Felfili (2008) em mata de galeria e 0,26 cm.ano-1 (OLIVEIRA FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997) em uma floresta

estacional semidecidual. Henriques e Hay (2002) associam as baixas taxas de incremento diamétrico em áreas de Cerrado às desfavoráveis condições nutricionais do solo e a marcante sazonalidade, que se mostrou um fator que afeta bastante o incremento em florestas decíduas (CARVALHO, 2009).

Todavia, o incremento médio anual observado neste trabalho é também semelhante ao crescimento observado em algumas florestas não exploradas na região Amazônica, como 0,16 cm ano⁻¹ por Silva et al. (2002) e 0,14cm ano por Gomide (1999), sendo o IPA médio do fragmento da Fazenda Corredor, de uma forma geral, próximo aos observados em florestas maduras, sem exploração ou distúrbios, indicando que o fragmento estudado se distancia de estágios sucessionais menos avançados.

O crescimento diamétrico médio foi menor na primeira classe diamétrica, havendo uma tendência de diminuição do IPA em classes de maior diâmetro e as maiores taxas de crescimento ocorrendo nas classes diamétricas intermediárias, tendo este padrão sido observado tanto para toda a comunidade quanto para as cinco populações com maior taxa de crescimento (Figura 3). Este padrão de crescimento das árvores, em relação à classe de diâmetro, contraria alguns estudos em que se observa aumento quase que linear do IPA médio com o aumento do porte das árvores (CARVALHO, 2009; HENRIQUES; HAY, 2002).

Comportamento semelhante ao visualizado neste trabalho foi observado por Oliveira e Felfili (2006) e Roitman, Felfili e Rezende (2008) que sugerem que o padrão de crescimento lento da parte aérea nas menores árvores no cerrado poderia ser relacionado com o fato de as espécies lenhosas investirem o seu crescimento inicial em órgãos subterrâneos para ter acesso à água profundamente armazenada no solo.

Já a redução da taxa de incremento nas maiores classes diamétricas pode está associada a fatores fisiológicos ou à senilidade dos indivíduos (BRAGA;

REZENDE, 2007), mas, segundo Felfili (1995), deve-se ter cautela ao se avaliar o crescimento por classe diamétrica em florestas nativas, uma vez que os dados das maiores classes diamétricas provêm de menor número de observações.

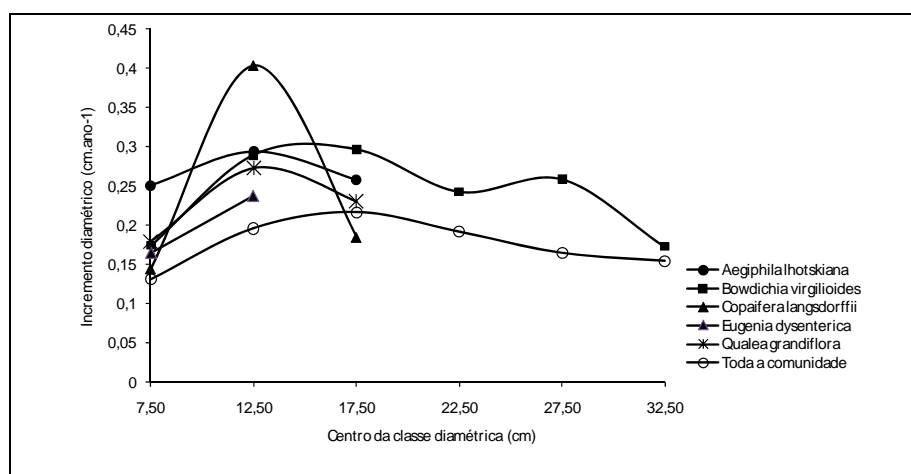


Gráfico 2 Crescimento médio por classe diamétrica para a comunidade e para as 5 espécies de maior IPA em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG

Conforme representado no gráfico 2, as espécies que apresentaram maior taxa de crescimento diamétrico foram: *Aegiphila lhotskiana*, *Bowdichia virgillioides*, *Qualea grandiflora*, *Copaifera langsdorffii* e *Eugenia dysenterica*. O fato de essas populações apresentarem taxa de crescimento diferenciado reforça a importância de se avaliar o potencial de algumas espécies nativas para produção de biomassa, sobretudo para aquelas que apresentam características de interesse que justificam a sua exploração racional de forma manejada, e a realização de pesquisas visando melhor conhecer e refinar o seu potencial produtivo. Como o caso da espécie *B. virgillioides*, cuja madeira, por ser de alta densidade e longa durabilidade natural, é empregada na construção civil e na

fabricação de móveis. É bastante utilizada em programas de reflorestamento e na recuperação de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

Carvalho (1994) destaca o potencial de utilização da madeira serrada de *C. langsdorffii* para emprego na construção civil, através de vigas, ripas, caibros, janelas, tábuas etc., e também da sua lenha para produção de álcool e carvão.

4 CONCLUSÕES

O fragmento apresenta tendência positiva de crescimento em densidade e em área basal, porém, sem alterações significativas na distribuição diamétrica dos indivíduos, indicado que mesmo não está totalmente estocado.

Apesar da aparente expansão em densidade e área basal da comunidade como um todo, esse crescimento foi comum a todas as espécies, não provocando grandes alterações na importância ecológica da maioria das espécies, em relação às duas ocasiões de medição.

A composição florística, a riqueza e a diversidade da área apresentaram-se bastante estáveis no período estudado.

As taxas de mortalidade e recrutamento observadas são relativamente baixas e próximas ao equilíbrio, implicando em uma elevada rotatividade, sugerindo que o fragmento estudado encontra-se em um estágio sucessional mais avançado e que permitem inferir que o mesmo encontra pouco perturbado.

A taxa de crescimento diamétrico verificada mostra-se semelhante às verificadas em florestas maduras, também sugerindo que o fragmento encontra-se em fase avançada de sucessão.

Considerando o destacado crescimento diamétrico, apresentado por algumas populações, sugere-se a realização de estudos de crescimento e estrutura populacional dessas espécies do Cerrado, a fim de se obter suporte para possível exploração das mesmas mediante planos de manejo.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

APPOLINÁRIO, V.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; GUILHERME, F. A. G. Tree population and tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 347-360, abr./jun. 2005.

AQUINO, F. G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Woody community dynamics in two fragments of cerrado *stricto sensu* over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 113-121, jan./fev. 2007.

AYRES, M. et al. **BioEstat 3.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil de Mamirauá, 2003. 291 p.

BATTLES, J. J. et al. Community and population dynamics of spruce forests on Whiteface Mountain, New York: recent trends, 1985-2000. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 33, n. 1, p. 54-63, Jan. 2003.

BERG, E. van den; OLIVEIRA FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, set. 2000.

BRAGA, F. M. S.; RESENDE, A. V. Dinâmica da vegetação arbórea da Mata de Galeria do Catetinho, Brasília, DF. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 138-148, abr./jun. 2007.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field e laboratory methods for general ecology**. Dubuque: W. C. Brown, 1984. 226 p.

CARVALHO, F. A. **Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central**. 2009. 134 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. Growth rate of terra firme rain forest in brazilian amazon over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, Bronx, v. 38, p. 201-341, 1972.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FELFILI, J. M. Growth, recruitment and mortality in Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period, 1985-1991. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, n. 1, p. 67-83, Mar. 1995.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: UnB, 2005. 54 p.

FELFILI, J. M. et al. Changes in the floristic composition of Cerrado *Sensu Stricto* in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 579-590, July 2000.

FELFILI, J. M. et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, Oxford, v. 175, n. 1, p. 37-46, July 2004.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Mata nativa 3**: sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <<http://www.matanativa.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

GOMIDE, G. L. A. Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1., 1999, Belém. **Resumos Expandidos...** Belém: EMBRAPA-CPATU/DFID, 1999. p. 195-202. (Documentos, 123).

GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: FERRI, M. G.; GOODLAND, R. (Ed.). **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979. p. 61-193.

HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A. A.; TOMLINSON, P. B. **Tropical trees and forests**. Berlin: Springer Verlag, 1978. 441 p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistical software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica**, London, v. 4, p. 1-9, Mar. 2001. Disponível em: <<http://www.nhm.uio.no/norges/past/download.html>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

HENRIQUES, R. P. B.; HAY, J. D. Patterns and dynamics of plant population. In: OLIVEIRA, P. S.; ROBERT, J. M. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University, 2002. p. 140-158.

HIGUCHI, P. et al. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 417-426, maio/jun. 2008.

HUTCHESON, K. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 29, p. 151-154, 1970.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-155, jul. 2005.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 4, n. 1, p. 77-86, Jan. 1994.

LÍBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *Sensu Stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos, 1985-2003. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 927-936, jul./ago. 2006.

LIEBERMAN, D. et al. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 915-924, Mar. 1985.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica, 1969-1982. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 347-358, Nov. 1987.

LOETSCH, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, 1974. v. 1, 436 p.

LONGHI, S. J. et al. Aspecto fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, mar./abr. 2000.

LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 249-261, abr./jun. 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas no Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

MAGURRAN, E. A. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University, 1988. 345 p.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 547 p.

NASCIMENTO, H. E. M. et al. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 329-342, maio 1999.

OLIVEIRA, A. P.; FELFILI, J. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos, 1985-2004. **Revista Brasileira Botânica**, Porto Alegre, v. 31, n. 4, p. 597-610, out./dez. 2008.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Tree species distribution along soil catenas in reverside semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora**, London, v. 192, n. 2, p. 47-64, Jan. 1997.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamic within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period, 1987-1992. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 131, n. 1, p. 45-66, July 1997.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUES, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University, 2002. p. 91-120.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997. 316 p.

RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of floristic composition of 26 cerrado areas in Planaltina, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 49, n. 2, p. 235-250, Apr. 1992.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

ROITMAN, I.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V. Tree dynamics of a fire-protected Cerrado *Sensu Stricto* surrounded by forest plantations, over a 13-year period, 1991-2004, in Bahia, Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 197, n. 2, p. 255-267, Aug. 2008.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares, ES. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 49-69, jun. 1999.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1998. 438 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais: cerrado, florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas aptas para manejo florestal**. Lavras: UFLA, 2008. 816 p.

SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 2, p. 331-333, Apr. 1995.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 91-100, Feb. 1996.

SIEGUEL, S. **Estatística não paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 350 p.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; EITEN, G. A hectare of cerrado: I., general aspects of the trees and thick-stemmed shrubs. **Phyton**, Vicente Lopez, v. 27, n. 1, p. 55-91, Mar. 1987.

SILVA, M. R.; ARAÚJO, G. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta semidecidual em Uberlândia, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 49-56, jan./fev. 2009.

SILVA, R. P. et al. 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, Aug. 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um trecho de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, mar./abr. 2003.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D. Note on the calculation of mortality rates. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 1, p. 2-3, Jan. 1987.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 359-366, Nov. 1987.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. 2006. 389 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WERNECK, M. S.; FRANCESCHINELLI, E. V. Dynamics of a dry forest fragment after exclusion of human disturbance in southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 174, n. 2, p. 337-346, Feb. 2004.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663 p.

ANEXO

ANEXO 1 Composição florística e estrutura horizontal de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* nos anos de 2005 e 2010. DA=densidade absoluta; DoA=dominância absoluta; VC= valor de cobertura; IVI= índice de valor de importância

Nome Científico	2005					2010					Posição IVI 2010	Posição IVI 2005	Δ
	DA	FA	DoA	VC	IVI (%)	DA	FA	DoA	VC	IVI (%)			
<i>Pouteria torta (Mart.) Radlk.</i>	113,8	87,5	0,985	17,24	6,71	125,8	83,33	1,074	17,19	6,6	1	1	0
<i>Eriotheca pubescens (Mart. e Zucc.) Schott e Endl.</i>	117,1	100	0,886	16,52	6,61	124,2	100	0,985	16,33	6,49	2	2	0
<i>Dalbergia miscolobium Benth.</i>	125,4	100	0,766	15,94	6,41	132,5	100	0,88	15,97	6,37	3	3	0
<i>Eugenia aurata O.Berg</i>	117,1	95,83	0,559	13,38	5,52	134,2	95,83	0,697	14,52	5,84	4	5	1
<i>Bowdichia virgilioides Kunth</i>	55,0	91,67	1,022	13,58	5,54	59,6	100	1,188	13,91	5,68	5	4	-1
<i>Byrsonima coccolobifolia Kunth</i>	85,0	100	0,484	10,46	4,59	83,8	100	0,553	10,07	4,4	6	6	0
<i>Qualea grandiflora Mart.</i>	52,9	95,83	0,433	7,78	3,65	60,0	95,83	0,533	8,38	3,8	7	7	0
<i>Caryocar brasiliense Cambess.</i>	35,4	83,33	0,576	7,96	3,57	36,3	83,33	0,589	7,33	3,32	8	9	1
<i>Kielmeyera coriacea Mart. e Zucc.</i>	63,8	100	0,321	7,44	3,58	58,3	100	0,356	6,76	3,3	9	8	-1
<i>Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne</i>	37,5	91,67	0,348	5,91	2,98	42,5	95,83	0,417	6,27	3,09	10	10	0
<i>Aspidosperma tomentosum Mart.</i>	46,7	91,67	0,201	5,12	2,72	55,8	91,67	0,258	5,77	2,88	11	12	1
<i>Plathymenia reticulata Benth.</i>	42,5	66,67	0,321	5,99	2,73	43,3	70,83	0,349	5,75	2,66	12	11	-1
<i>Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.</i>	42,9	66,67	0,283	5,66	2,62	44,2	70,83	0,318	5,53	2,59	13	13	0

<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. e Zucc.) Benth.	29,2	87,5	0,289	4,77	2,55	25,8	91,67	0,284	4,07	2,32	14	14	0
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	31,3	70,83	0,132	3,40	1,91	43,8	70,83	0,198	4,49	2,24	15	18	3
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	30,4	91,67	0,224	4,23	2,42	25,0	91,67	0,199	3,30	2,06	16	15	-1
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	24,6	95,83	0,217	3,76	2,31	22,9	87,5	0,215	3,29	2,01	17	16	-1
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	24,2	70,83	0,119	2,79	1,71	30,8	83,33	0,163	3,36	1,99	18	22	4
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	21,7	70,83	0,07	2,15	1,5	27,9	87,5	0,1	2,64	1,8	19	26	7
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	26,7	66,67	0,138	3,15	1,78	27,1	70,83	0,156	3,06	1,76	20	19	-1
<i>Erythroxylum ambiguuum</i> Peyr.	34,2	66,67	0,154	3,82	2,01	30,0	58,33	0,147	3,17	1,67	21	17	-4
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	22,9	62,5	0,132	2,84	1,63	24,2	62,5	0,159	2,90	1,62	22	23	1
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	16,3	66,67	0,131	2,37	1,52	20,0	66,67	0,166	2,69	1,6	23	25	2
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	18,8	66,67	0,186	3,07	1,76	18,3	62,5	0,192	2,81	1,59	24	20	-4
<i>Roupala montana</i> Aubl.	22,1	66,67	0,096	2,43	1,55	24,2	66,67	0,12	2,57	1,56	25	24	-1
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	15,8	70,83	0,099	2,04	1,46	18,8	75	0,116	2,19	1,51	26	27	1
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	23,8	79,17	0,095	2,53	1,72	17,5	75	0,081	1,81	1,39	27	21	-6
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	11,3	41,67	0,083	1,57	0,98	10,8	41,67	0,087	1,44	0,91	28	28	0
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	12,5	37,5	0,07	1,53	0,92	11,7	37,5	0,07	1,34	0,84	29	29	0
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	8,3	37,5	0,073	1,28	0,84	8,8	37,5	0,092	1,35	0,84	30	30	0
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	11,7	33,33	0,052	1,29	0,8	12,9	33,33	0,065	1,38	0,81	31	31	0
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	5,8	41,67	0,054	0,92	0,77	6,3	45,83	0,069	0,99	0,81	32	32	0

<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	5,8	25	0,026	0,65	0,49	8,3	45,83	0,032	0,81	0,75	33	36	3
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	4,6	29,17	0,024	0,55	0,5	5,4	37,5	0,027	0,58	0,59	34	35	1
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	7,5	20,83	0,053	1,02	0,57	6,7	25	0,048	0,84	0,54	35	34	-1
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	7,1	33,33	0,025	0,73	0,61	6,7	29,17	0,028	0,67	0,53	36	33	-3
<i>Magonia pubescens</i> A.St.- Hil.	3,3	25	0,016	0,39	0,4	4,6	33,34	0,026	0,51	0,53	37	40	3
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	2,9	20,83	0,057	0,75	0,48	2,5	20,83	0,055	0,63	0,43	38	37	-1
<i>Psidium pohlianum</i> Berg	4,6	20,83	0,031	0,61	0,43	4,6	20,83	0,037	0,61	0,42	39	39	0
<i>Erythroxylum deciduum</i> St. Hil.	3,8	20,83	0,019	0,44	0,38	4,2	25	0,021	0,44	0,41	40	41	1
<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	2,5	16,67	0,016	0,32	0,29	3,3	20,83	0,021	0,39	0,35	41	43	2
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	3,8	29,17	0,018	0,43	0,46	2,5	20,83	0,016	0,29	0,32	42	38	-4
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	2,1	16,67	0,01	0,24	0,26	2,9	20,83	0,015	0,31	0,32	43	44	1
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem.	1,3	8,33	0,004	0,13	0,13	4,2	16,67	0,012	0,37	0,3	44	57	13
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. e Schtdl.	4,6	12,5	0,021	0,52	0,31	3,3	12,5	0,019	0,37	0,26	45	42	-3
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. e Schtdl.) Frodin	2,5	12,5	0,012	0,29	0,23	2,5	16,67	0,011	0,25	0,26	46	46	0
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez.	0,4	4,17	0,004	0,07	0,07	2,1	16,67	0,011	0,23	0,25	47	66	19
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	2,1	16,67	0,005	0,17	0,23	48	77	29
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	2,5	12,5	0,013	0,30	0,24	2,1	12,5	0,016	0,27	0,22	49	45	-4

<i>Machaerium opacum</i> Vogel.	1,3	8,33	0,006	0,14	0,14	2,5	12,5	0,01	0,25	0,21	50	53	3
<i>Eugenia sonderiana</i> O. Berg	1,3	8,33	0,004	0,12	0,13	2,1	12,5	0,008	0,20	0,2	51	56	5
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	1,3	12,5	0,009	0,17	0,2	1,3	12,5	0,011	0,17	0,19	52	48	-4
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1,7	12,5	0,006	0,17	0,19	1,7	12,5	0,006	0,16	0,18	53	49	-4
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	1,7	12,5	0,009	0,20	0,21	1,3	12,5	0,005	0,12	0,17	54	47	-7
<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.- Hil.) Benth. e Hook.f.	1,3	12,5	0,003	0,11	0,18	1,3	12,5	0,004	0,11	0,17	55	50	-5
<i>Pterodon emarginatus</i> Vog.	0,4	4,17	0,004	0,07	0,07	2,1	8,33	0,01	0,22	0,16	56	67	11
<i>Senna macranthera</i> (Collad.) H.S.Irwin e Barneby	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	2,1	8,33	0,005	0,18	0,15	57	85	28
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.- Hil.) Baill.	1,3	8,33	0,007	0,16	0,14	1,3	8,33	0,008	0,15	0,14	58	55	-3
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. e Hook. f.	0,8	8,33	0,009	0,14	0,14	0,8	8,33	0,01	0,14	0,13	59	52	-7
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	0,8	8,33	0,01	0,15	0,14	0,8	8,33	0,008	0,12	0,13	60	54	-6
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	2,1	4,17	0,011	0,25	0,13	2,1	4,17	0,014	0,25	0,13	61	58	-3
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	0,4	4,17	0,006	0,08	0,07	0,8	8,33	0,009	0,13	0,13	62	65	3
<i>Antonia ovata</i> Pohl	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	1,3	8,33	0,004	0,12	0,13	63	71	8
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	0,8	8,33	0,003	0,09	0,12	0,8	8,33	0,004	0,09	0,12	64	59	-5
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	1,3	12,5	0,003	0,11	0,18	0,8	8,33	0,002	0,08	0,11	65	51	-14
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	1,3	4,17	0,013	0,22	0,12	1,3	4,17	0,015	0,21	0,11	66	60	-6
<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	0,8	4,17	0,007	0,12	0,09	0,8	4,17	0,008	0,12	0,08	67	61	-6
<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	0,8	4,17	0,005	0,11	0,08	0,8	4,17	0,006	0,10	0,08	68	63	-5

<i>Terminalia fagifolia</i> Mart. e Zucc.	0,8	4,17	0,005	0,10	0,08	0,8	4,17	0,005	0,10	0,08	69	64	-5
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	0,4	4,17	0,006	0,09	0,08	0,4	4,17	0,008	0,09	0,07	70	62	-8
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Bocage e L.P.Queiroz	0,4	4,17	0,003	0,06	0,07	0,4	4,17	0,005	0,07	0,07	71	68	-3
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	0,8	4,17	0,002	0,08	0,07	0,8	4,17	0,003	0,08	0,07	72	69	-3
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	0,4	4,17	0,003	0,06	0,07	0,4	4,17	0,004	0,06	0,07	73	70	-3
<i>Dictyoloma vandellianum</i> A.H.L. Juss.	0,4	4,17	0,003	0,06	0,06	0,4	4,17	0,005	0,07	0,07	74	76	2
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	0,4	4,17	0,002	0,05	0,06	0,4	4,17	0,002	0,05	0,06	75	72	-3
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,001	0,03	0,06	76	73	-3
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	77	74	-3
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	78	75	-3
<i>Eugenia prasina</i> O.Berg	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	79	78	-1
<i>Miconia pusilliflora</i> (DC.) Triana	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,003	0,05	0,06	80	80	0
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	81	81	0
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	82	82	0
<i>Pereskia grandifolia</i> Haw.	0,4	4,17	0,002	0,05	0,06	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	83	83	0
<i>Rollinia emarginata</i> Schltdl.	0,4	4,17	0,002	0,05	0,06	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	84	84	0
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. e Hook.f. ex S.Moore	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	0,4	4,17	0,002	0,04	0,06	85	86	1

“ Anexo 1, conclusão”

<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,002	0,05	0,06	86	87	1
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	87	88	1
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	0,0	0	0	0,00	0	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	88	-	-
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.- Hil.	0,0	0	0	0,00	0	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	89	-	-
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	0,4	4,17	0,001	0,04	0,06	0,0	0	0	0,00	0	-	79	-
Total	1469,5	3025	10,404	200,0	100	1572,5	3183,33	11,875	200,00	100			

CAPÍTULO 3

**Efeito da estratificação em estudos de volumetria, estrutura e dinâmica de
um fragmento de cerrado *Sensu Stricto***

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram comparar os desempenhos dos estimadores da Amostragem Sistemática (AS) e da Amostragem Sistemática Estratificada (ASE) para estimativa de volume de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG, e verificar a viabilidade e se reduzir a intensidade amostral, mediante a estratificação, para o estudo da volumetria, da fitossociologia e da dinâmica do fragmento avaliado. Os dados utilizados são provenientes de 24 parcelas permanentes que foram inventariadas em 2005 e em 2010. A estratificação do fragmento foi realizada com base em imagens de satélite da série LandSat 5 TM. Em um primeiro momento, os procedimentos amostrais utilizados foram comparados pelo erro (%) de estimativa de volume com base nos dados do inventário de 2010. Posteriormente, foram realizadas 100 simulações de redução de 50% do tamanho da amostra (12 parcelas). Para cada amostra simulada foram feitas estimativas de volume, dos parâmetros da estrutura horizontal com base nos dados do inventário de 2010. Os parâmetros da dinâmica da floresta também foram estimados nas simulações utilizando os dados coletados nos dois inventários. Os resultados obtidos foram comparados com os encontrados a partir da amostra original formada por 24 parcelas. Verificou-se que o emprego da estratificação proporcionou aumento da precisão das estimativas de volume quando comparada à amostragem sistemática. A redução da intensidade amostral em 50% não afetou severamente a precisão da amostragem estratificada, sendo a precisão diminuída com maior magnitude para amostragem sistemática. Os resultados médios das simulações dos parâmetros estruturais de cada espécie foram semelhantes aos obtidos com a amostra original, assim como os parâmetros da dinâmica da comunidade. Concluiu-se que a ASE foi mais precisa que a AS, indicando a viabilidade de realização da estratificação por meio de imagens de satélite e que a redução da intensidade amostral em função da estratificação mostrou-se viável, possibilitando estimativas de volume, dos parâmetros estruturais e da dinâmica do fragmento semelhantes às estimativas obtidas com a amostra original.

ABSTRACT

The aims of this study were to compare the performances of the estimators of Systematic Sampling (AS) and Stratified Systematic Sampling (ASE) to estimate the volume of fragment of Cerrado *Sensu Stricto* in Bocaiúva, MG, and verify the feasibility of the reduce the sampling intensity by stratification, to study the volume, of the floristic and the dynamics of the studied fragment. The data used came from 24 permanent plots that were surveyed in 2005 and 2010. The stratification of the fragment was based on satellite images from LandSat 5 TM series. At first, the sampling procedures used were compared by error (%) to estimate volume based on inventory data from 2010. Subsequently, 100 simulations were performed with reduced of 50% of the sample size (12 plots). For each simulated sample, were estimated of volume, the parameters of the horizontal structure based on inventory data from 2010. The parameters of forest dynamics in the simulations were also estimated using data collected from the two inventories. The results were compared to data from the original sample consists of 24 plots. It was found that the use of stratification provided to increase the accuracy of estimated volume when compared with systematic sampling. The reduction in sampling intensity by 50% did not severely affect the precision of stratified sampling, and precision decreased with higher magnitude for systematic sampling. The average results of simulations of the structural parameters of each species so similar to those obtained with the original sample, as well as dynamic parameters. It was concluded that the ASE was more accurate than the AS, indicating the feasibility of achieving the stratification using satellite imagery and that the reduction in intensity sampling, when adopting a stratification, was feasible, allowing estimates of volume and structural dynamic fragment similar to estimates obtained with the original sample.

1 INTRODUÇÃO

Apesar de sua reconhecida importância sob diferentes aspectos, as florestas nativas brasileiras estão sendo destruídas de forma bastante acelerada. O domínio Cerrado está entre os mais ameaçados na atualidade, sofrendo elevadas perdas em seu território em função da exploração de madeira de forma não sustentável e devido ao desmatamento para desenvolvimento de atividades agropecuárias e para produção de carvão vegetal.

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), os recursos florestais são imprescindíveis para o desenvolvimento econômico e social de uma nação, sendo imprescindível também que os órgãos gestores e planejadores conheçam a real situação e o potencial das florestas em cada região do país.

Nesse contexto, conhecer as florestas quanto à sua composição florística, distribuição e habitats preferenciais das espécies, potencial produtivo e a sua dinâmica estrutural possibilita a realização de estudos de crescimento, quantificação e a caracterização de recursos florestais, sendo esta, a base tanto para o manejo sustentável quanto para conservação das espécies.

Todavia, as informações necessárias para o conhecimento detalhado sobre os aspectos ecológicos e produtivos de uma floresta são obtidas por meio do inventário florestal, um trabalho que requer elevado emprego de recursos financeiros, humanos e de tempo. Desse modo, torna-se importante investigar, para o tipo florestal específico e para determinado nível de precisão, os métodos e os processos de amostragem que permitam reduzir o custo do inventário e a qualidade das estimativas (CESARO et al., 1994).

A amostragem da vegetação, portanto, é um fator crucial que deve ser adequadamente planejado. Tanto a intensidade amostral quanto a alocação das parcelas devem ser apropriados para caracterizar, com precisão, todas as variáveis envolvidas no objetivo do trabalho, quer seja a descrição e

caracterização da floresta quanto a sua riqueza, estrutura e composição florística ou para estimativas confiáveis do estoque madeireiro.

Diversos procedimentos amostrais podem ser utilizados em inventários de florestas nativas e em estudos florísticos e fitossociológicos. No entanto, segundo Mello e Scolforo (2000), a amostragem sistemática estratificada pode ser considerada o procedimento mais adequado para amostragem em floresta nativa, por propiciar informações seguras, precisas e a um menor custo.

A estratificação consiste na divisão da população a ser inventariada em sub populações, cuja variável de interesse apresenta-se de forma homogênea. O uso desse artifício promove o controle da variação, facilita a coleta dos dados e permite a obtenção de estimativas mais precisas por estrato e para população. Possibilita, ainda, a redução da intensidade amostral frente a uma mesma precisão, quando comparada a outros procedimentos amostrais.

Apesar de suas reconhecidas vantagens, a utilização da estratificação em florestas nativas esbarra muitas vezes na dificuldade de definição de uma base para estratificação que represente o comportamento da variável de interesse, assim como para delimitação e definição das áreas dos estratos.

Como alternativa a essas dificuldades, imagens aeroespaciais foram utilizadas com sucesso na identificação dos padrões da vegetação por Espírito-Santo et al. (2005) e para estratificação de fragmentos de cerrado por Silva (2009). Portanto, o uso de geotecnologias surge como uma alternativa a ser empregada para pré-estratificação de florestas nativas com vistas à realização de inventário florestal.

Mediante o exposto, os objetivos deste trabalho foram:

- a) comparar os erros de amostragem, para a característica volume, obtidos através dos estimadores da Amostragem Sistemática e da

Amostragem Sistemática Estratificada, realizando a estratificação com base em imageamento remoto; e

- b) verificar o efeito da redução da intensidade amostral, mediante a estratificação, sobre o erro do inventário, sobre as estimativas de parâmetros florísticos, fitossociológicos e da dinâmica de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

Os dados do presente estudo são provenientes de fragmentos florestais nativos, fisionomicamente caracterizados como Cerrado *Sensu Stricto*, localizados na região município de Bocaiúva, MG.

O município está situado na região norte do Estado, tendo como ponto de referência as coordenadas geográficas 17° 44' 21'' S e 46° 09'55'' W. (Figura 1). O clima é caracterizado como Aw pela classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual em torno de 24°C e precipitação média anual de 1.246 mm. A altitude média do município é 820m e predominam neste os solos Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho amarelo, ambos distróficos, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006).

O fragmento estudado possui área equivalente a 86,96 ha e é parte das áreas de Reserva Legal da Fazenda Corredor, de propriedade da Vallourec e Mannesmann Florestal, tendo como coordenadas de referência 17° 58' 11'' S e 46° 23'53'' W. O mesmo compõe o conjunto de fragmentos florestais que serviram de base para coleta de dados para o projeto de Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (SCOLFORO; MELLO; OLIVEIRA, 2008). Este projeto foi desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras em convênio com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e o Instituto Estadual de Florestas – IEF.

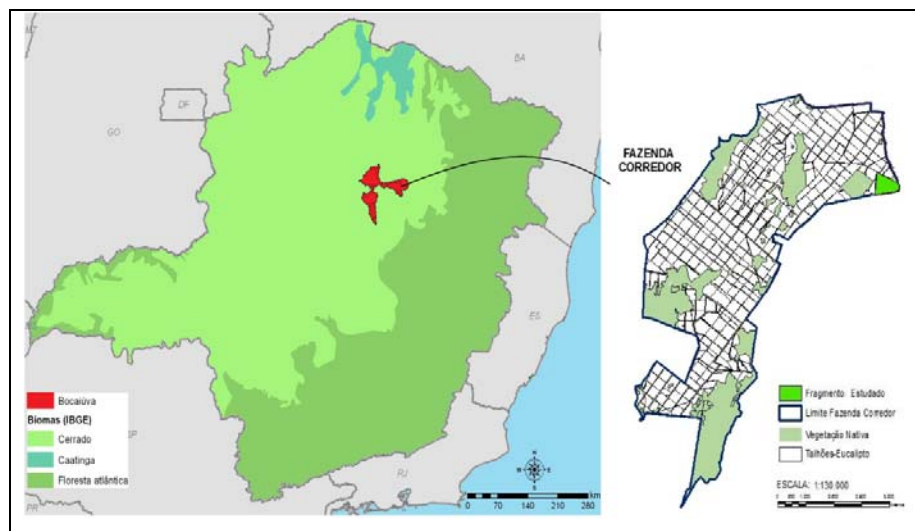


Figura 1 Localização do Município de Bocaiúva no estado de Minas Gerais com destaques para Fazenda Corredor e para o fragmento estudado

2.2 Obtenção dos dados

Os dados utilizados neste estudo são oriundos do Inventário Florestal Contínuo decorrente do projeto de Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (SCOLFORO; MELLO; OLIVEIRA, 2008).

Os inventários florestais no fragmento em questão foram realizados nos anos de 2005 e 2010. Foram lançadas 24 parcelas permanentes com dimensões correspondentes a 10 x 100 m (1000 m²) que foram distribuídas nas áreas de acordo com o procedimento de amostragem sistemático (LOETSCH; HALLER, 1974; PÉLICO NETTO; BRENA, 1997).

Na primeira ocasião (2005), em cada parcela foram registradas as circunferências a altura do peito (CAP), medidas a 1,30 m do solo, e altura total de todas as árvores com CAP igual ou superior a 15,71 cm (DAP maior ou igual a 5,0cm). Foram utilizadas fita métrica e vara graduada para obtenção dos dados

de CAP e altura, respectivamente. As árvores foram marcadas com plaqueta de alumínio indicando sua numeração dentro da parcela e o número da parcela, sendo também identificadas taxonomicamente. Nos casos em que não foi possível a identificação das plantas no campo, foram coletados materiais botânicos que foram identificados e depositados no herbário da UFLA. A classificação botânica das espécies baseou-se no Angiosperm Phylogeny Group II (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG, 2003).

Na segunda ocasião, seguiu-se a mesma metodologia do primeiro levantamento. As árvores vivas e mortas em pé foram remedidas. Foram feitos os registros e medições das árvores ingressantes, aquelas que atingiram a circunferência mínima para medição, que também foram plaqueteados seguindo a numeração sequencial em relação ao inventário de 2005, sendo também identificadas botanicamente. Fustes novos, das árvores já mensuradas em 2005, também foram registrados, medidos e plaqueteados com mesma numeração do fuste medido na primeira ocasião, porém foi acrescentada uma letra do alfabeto para diferenciá-los. Foi feito também o registro de árvores mortas caídas e árvores não encontradas.

2.3 Amostragem do fragmento

Conforme mencionado no subitem anterior, as parcelas foram distribuídas de forma sistemática no fragmento, e o processamento dos dados para estimativa do volume do mesmo foi feito com estimadores da Amostragem Casual Simples.

Em 2010, foi realizado o procedimento de pós-estratificação do mesmo fragmento apoiado em técnicas de sensoriamento remoto. O efeito da estratificação sobre as estimativas dos inventários foi verificado comparando-se

as estimativas feitas a partir do procedimento amostral adotado inicialmente (AS) com a amostragem sistemática estratificada (ASE).

2.4 Procedimento para estratificação do fragmento

Com base em imagens obtidas pelos sensores componentes da série de satélites LandSat 5 TM foi realizado o mesmo procedimento de estratificação apoiado em interpretação e classificação visual utilizado por Silva (2009). A imagem utilizada foi adquirida no mês de Fevereiro de 2010 e possui resolução espacial da ordem de 30 m e 6 bandas espectrais, das quais foram utilizadas 3 bandas (3, 4 e 5) para proceder às composições coloridas empregadas nos procedimentos de interpretação.

A escolha destes sensores (LandSat 5 TM) se justifica basicamente devido à disponibilização destas imagens no Brasil de forma gratuita no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2007), contribuindo significativamente para redução dos custos de desenvolvimento dos trabalhos realizados por empresas, consultores e órgãos públicos ou privados que venham a se utilizar desta metodologia.

Os trabalhos de correção e melhorias no registro geométrico das imagens para interpretação das feições observadas nas cenas estudadas foram desenvolvidos no software ENVI 4.5. Posteriormente as imagens e vetores foram importadas para o programa ArcGis 9.3, que também foi utilizado na interpretação, segmentação e classificação das imagens, ajuste e cálculos dos polígonos e elaboração de cartas, figuras e tabelas finais.

2.4.1 Segmentação

O procedimento de segmentação foi realizado a partir da interpretação visual. O método baseia-se nos princípios de fotointerpretação, onde o intérprete busca delinear áreas de aparência homogênea em função da tonalidade dos pixels, associado com observações de textura fotográfica com o meio, com as sombras e com a densidade. O processo de vetorização é realizado manualmente, no qual, baseado nos grupos de pixels, são formados os polígonos.

A composição das cenas Landsat utilizadas durante as interpretações do fragmento recebeu a combinação entre as cores Vermelho, Verde e Azul (Red, Green, Blue, ou RGB) com as bandas espectrais 4-5-3 respectivamente, retornando a imagem com a composição visual apresentada na Figura 2. Esta sequência de canais RGB foi utilizada por retornar melhor imagem para realização do procedimento.

Essa mesma composição de bandas (4R-5G-3B), também denominada “falsa cor”, foi utilizada por Espírito-Santo et al. (2005) com finalidade semelhante na floresta amazônica e, segundo os autores, permite observar diferenças sutis das tipologias vegetais relacionadas aos aspectos da interação da radiação com o dossel da vegetação.

Ao efetuar o processo de segmentação, a imagem processada foi subdividida em porções uniformes menores (segmentos ou regiões) não sobrepostas, sendo cada uma destas regiões um conjunto de pixels interconectados, permitindo a permanência da associação espacial existente entre os segmentos obtidos.

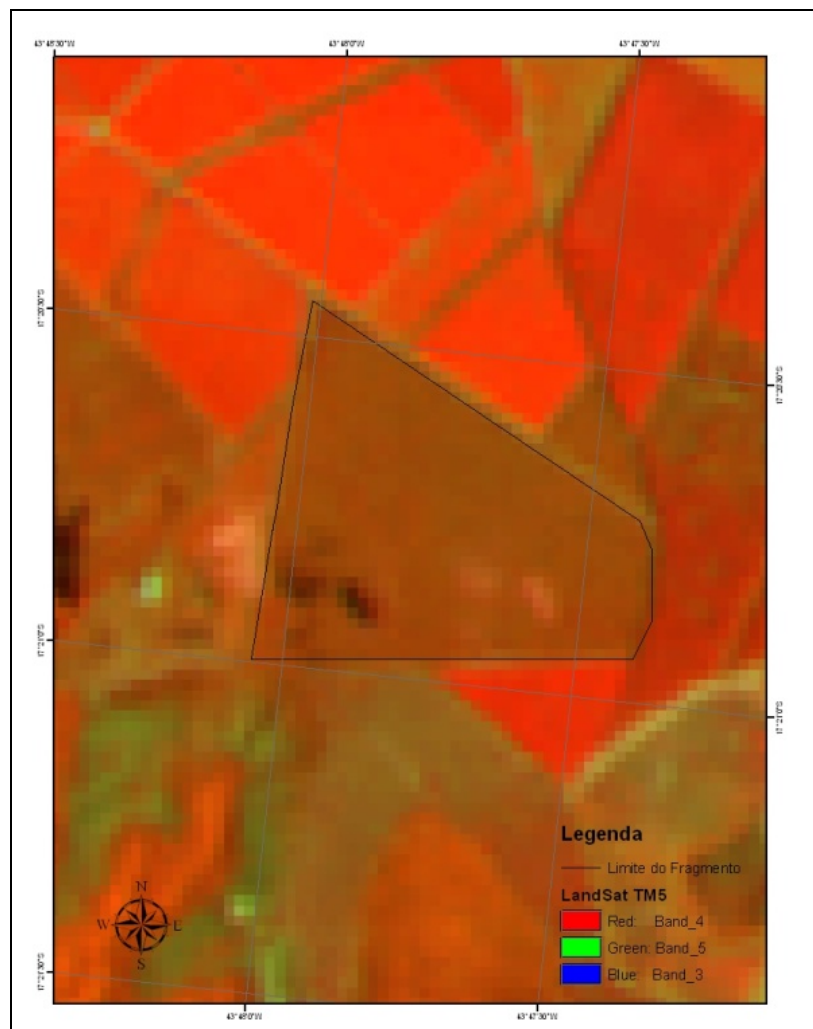


Figura 2 Composição colorida RGB 4-5-3 para as cena LandSat 5 TM do fragmento da Fazenda Corredor

A uniformidade das regiões foi estabelecida em função dos resultados obtidos analisando os parâmetros de cor, textura e forma, nesta ordem de importância e execução.

Um ponto importante durante o processo de interpretação das imagens foi quanto ao equilíbrio entre a forma dos segmentos e sua uniformidade espectral. Procurou-se balancear e equacionar estes fatores, pois são os principais responsáveis pelo delineamento direcionado das regiões identificadas, possibilitando o estabelecimento dos contornos de cada segmento.

Este equilíbrio foi considerado em virtude de a vegetação estudada apresentar grande variabilidade quanto à textura e densidade de cobertura do solo. Em uma vegetação nativa normalmente são esperados uma grande heterogeneidade de espécies e de graus de desenvolvimento dos indivíduos, resultando em diferentes classes de sítio produtivo, não importando muito a forma que cada estrato irá assumir após a estratificação (LUCCA, 1998).

2.4.2 Classificação

Após a segmentação, gerou-se um conjunto de regiões uniformemente agrupadas na forma de polígonos, que foram classificados segundo seu padrão de reflectância.

Nesta etapa foi realizado um processamento em que foram tomadas decisões a respeito da classe mais adequada para cada polígono demarcado, quanto ao objetivo da análise e da legenda criada previamente. Partiu-se, em princípio, de três classes básicas (“Ralo”, “Médio” e “Denso”), relacionando a cobertura do solo pela vegetação observada com a densidade desta vegetação, que por consequência indica a possível produtividade daquela área.

Uma região com menor cobertura de vegetação e consequente maior exposição do solo foi classificada como cerrado “Ralo”, onde se espera obter uma produtividade e estoque madeireiro mais baixos, antepondo-se às regiões onde a interpretação indica maior cobertura do solo pela vegetação existente. Este fato induz a uma interpretação da existência de uma maior densidade de

vegetação, indicando uma volumetria de madeira maior, sendo então classificado como um cerrado “Denso”.

Leituras interpretativas intermediárias de textura, cor, padrão, localização e sombra foram classificadas como um cerrado “Médio”. Nesta situação há um recobrimento parcial do solo, sendo possível observar uma mistura de matizes indicadoras da existência de vegetação e também de partes de solo pouco recoberto.

A associação entre os objetos segmentados também contribuiu significativamente para a tomada de decisão sobre a que classe pertencerá o polígono avaliado. Como consequência desse procedimento, os objetos puderam ser interpretados de maneira mais adequada e condizente com a sua realidade.

Assim, as etapas de verificação dos parâmetros espectrais (que respondem pela cor e brilho), espaciais (relacionamentos, forma) e visuais (textura, indução e dedução) que melhor descrevem as classes obtidas compuseram as etapas dos procedimentos que foram adotados.

A metodologia de classificação, portanto, teve como princípio central o processamento de agrupamentos entre unidades de imagem que possam ser distinguidas por meio de feições características, ou seja, cada polígono foi associado a um conjunto de atributos obtidos com base nos valores de densidade de vegetação que a fotointerpretação indicou conter esse objeto.

2.5 Estimativas de volume

A avaliação do volume de madeira existente na área de estudo no ano de 2005 foi realizada por Scolforo, Mello e Oliveira (2008) e compõe o banco de dados do Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais. Na ocasião foram utilizados os estimadores da amostragem casual simples (ACS) para obtenção das estimativas. Em 2010, com base nas novas

informações de diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) e altura total (H) provenientes das 24 parcelas retangulares alocadas no fragmento, foram realizadas novas estimativas de volume de madeira, sendo o processamento feito utilizando os estimadores da ACS e da ACE.

O cálculo do volume individual das árvores, em ambos os anos, foi feito por meio da equação volumétrica ajustada para estimativa de volume total com casca para árvores da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, em fragmentos inseridos no conjunto de Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Jequitinhonha, definido em Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008).

Na Tabela 1 são apresentadas a equação ajustada e suas respectivas estatísticas referentes à qualidade do ajuste:

Tabela 1 Equação para estimar volume total com casca para Cerrado *Sensu Stricto* no conjunto de Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Jequitinhonha

Equação ajustada	R ² _{ajust.} (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
Ln(VTcc) = -9,7745857766 + 2,4549750136 * Ln(Dap) + 0,435488494 * Ln(H)	98,03	0,14287	28,18

em que: VTcc é o volume total com casca por indivíduo; Dap é o diâmetro medido a 1,30 m do solo em cm; H é a altura total em metros; Ln é o logaritmo natural; R²_{ajust.} é coeficiente de determinação ajustado; Syx é o erro padrão da estimativa.

2.6 Processamento do inventário florestal – dados 2010

Inicialmente, os dados coletados nas 24 parcelas em 2010 foram utilizados para estimativa do volume de madeira utilizando os estimadores da

Amostragem Sistemática (AS), que são os mesmos utilizados na amostragem casual simples (ACS).

A partir do processo de estratificação do fragmento descrito no item 2.4, os mesmos dados foram utilizados para estimativa do estoque madeireiro do fragmento em 2010, utilizando os estimadores da Amostragem Sistemática Estratificada (ASE). Esses estimadores podem ser vistos em Cochran (1966), Péllico Netto e Brena (1997) e Scolforo e Mello (2006).

Dessa forma, foi possível obter estatísticas básicas do processamento e as estimativas atuais de volume total com casca do fragmento com a aplicação de cada um dos procedimentos de amostragem.

Os resultados provenientes dos processamentos da Amostragem Sistemática Estratificada tiveram suas estatísticas comparadas aos resultados do processamento para a Amostragem Sistemática, (estimadores da ACS), avaliando-se a variação das médias volumétricas, dos coeficientes de variação e do erro percentual calculado para o inventário.

2.7 Simulações de redução da intensidade amostral

Considerando que o procedimento de estratificação, quando realizado corretamente, promove a redução do erro de amostragem quando comparado a ACS, frente a uma mesma intensidade amostral, cria-se, portanto, a possibilidade de se reduzir a intensidade amostral utilizada e manter-se a qualidade das estimativas, incorrendo em redução do trabalho de campo, do tempo e dos custos necessários à obtenção dos dados.

Neste sentido, após a estratificação do fragmento avaliado neste estudo, foram realizadas simulações de redução do número de parcelas alocadas, diminuindo em 50% o tamanho da amostra. Essas simulações consistiram na formação de 100 amostras compostas por 12 parcelas. Em cada amostra

simulada foi utilizada a metade das parcelas presentes em cada estrato, sendo a amostra final composta por 12 parcelas, oriundas da união das subamostras retiradas de cada estrato.

Portanto, em cada simulação realizada a amostra foi limitada a 12 unidades amostrais dentre as 24 existentes.

A seleção das parcelas que permaneceram nas análises foi feita através de um procedimento aleatório, empregando-se as ferramentas de análise do programa ArcGis[®] e rotina computacional desenvolvida pelo software estatístico R 2.9.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Durante o procedimento de seleção foi possível determinar o critério de proporcionalidade entre os estratos, garantindo que todos os estratos sofram o mesmo procedimento de avaliação. Desse modo, a contribuição de cada estrato para formação das amostras simuladas foi proporcional ao número de parcelas originalmente existentes nos mesmos.

Dessa forma, foram simuladas 100 combinações de parcelas, garantindo-se que todos os estratos fossem representados em todas as simulações. Para cada conjunto aleatorizado (amostra), foi realizado o processamento do inventário para estimativa do volume de madeira e análise fitossociológica. Em cada simulação foram também calculados os parâmetros da dinâmica da vegetação em relação aos dados do inventário de 2005 das respectivas parcelas que compunham cada amostra sorteada.

Posteriormente, obteve-se uma média das estimativas geradas para cada variável a partir das 100 simulações, buscando assim uma representação das amostras obtidas no processo de aleatorização.

2.8 Comparações entre os diferentes tamanhos de amostra

2.8.1 Volumetria

Para cada uma das 100 amostras obtidas foi realizado o processamento do inventário para estimativa do volume utilizando os estimadores da ACS e da ACE. Foram obtidos valores médios das simulações para média do volume por parcela e o intervalo de confiança de volume por hectare, além do coeficiente de variação (CV) e o erro do inventário em %. Esses resultados foram comparados com os obtidos a partir da amostra completa (24 parcelas).

Os erros de estimativa (E %) obtidos para os dois tamanhos de amostra (12 e 24 unidades amostrais) foram comparados com erro máximo admissível segundo a Portaria nº 191, de 16 de setembro de 2005, item 4.3.3.9 do Anexo V, que limita o erro de amostragem admissível para os processos formalizados de intervenção sobre vegetação nativa em 15%, ao nível de 90% de probabilidade.

2.8.2 Fitossociologia

Como parte do estudo fitossociológico foi feita a análise da estrutura horizontal considerando os parâmetros fitossociológicos descritos por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974): Densidade (D), Dominância (Do), Frequência (F) e Índice de valor de importância (IVI). Esses parâmetros foram calculados em suas formas absolutas e relativas nas 100 amostras sorteadas no processo de simulação, para cada uma das espécies presentes na amostra.

Para verificação do efeito da redução da intensidade amostral sobre a caracterização da estrutura horizontal do fragmento foram considerados somente os parâmetros Densidade absoluta (DA) e Índice de valor de Importância (IVI). A densidade foi considerada por ser uma das mais importantes informações

sobre as espécies existentes em um fragmento, sendo bastante influenciada pela amostragem e de fácil visualização para comparação. O IVI foi utilizado por sintetizar os parâmetros Densidade, Dominância e Frequência em suas formas relativas, permitindo a verificação do efeito da redução da amostra e da variação da composição florística de diferentes amostras, sobre a estimativa da importância ecológica de cada espécie nos 100 processos de amostragem.

As médias de densidade e o IVI de cada espécie foram comparados com os valores obtidos a partir da amostra original (24 parcelas), bem como a posição das mesmas no ordenamento pelo valor de importância (IVI).

Para verificar os impactos da redução da intensidade amostral sobre número de espécies amostrado e sobre a diversidade da área, a riqueza média observada (S) a partir das 100 amostras sorteadas, bem como os índices de Shannon (H'), Simpson (D) e a equabilidade de Pielou (J') foram comparados com as estimativas para esses mesmos índices obtidos a partir da amostra original.

2.8.3 Dinâmica da vegetação

Para cada conjunto de parcelas formado foram calculadas as taxas de mortalidade (m), de recrutamento (r) e a média do incremento periódico anual em diâmetro para a comunidade (IPA). As médias das 100 repetições para esses três parâmetros da dinâmica florestal foram obtidas posteriormente, sendo estes valores foram comparados com aqueles obtidos considerando todas as parcelas.

As frequências de indivíduos mortos e recrutados, obtidas por meio das simulações, foram comparadas com os valores da amostra original utilizando o teste G (SOKAL; ROHLF, 1994).

Para o cálculo das taxas de mortalidade e recrutamento foi empregada a formulação apresentada em Sheil e May (1996). O IPA médio foi calculado

conforme apresentado por Scolforo (1998). As análises foram realizadas usando softwares Past (HAMMER; RARPER; RYAN, 2001) Mata Nativa 3 (FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CIENTEC, 2010), R 2.9.2 e Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Segmentação e classificação das imagens

A realização da segmentação, apoiada nos princípios de interpretação visual de imagens, possibilitou detectar diferentes microrregiões sobre a cena, isolando uma variedade de polígonos com aparência espectral semelhantes entre os grupos de pixels que os formam.

Na Figura 3 é apresentada a composição colorida para cena LandSat 453/RGB, sobre a qual procedeu-se a segmentação e os polígonos resultantes do processo.

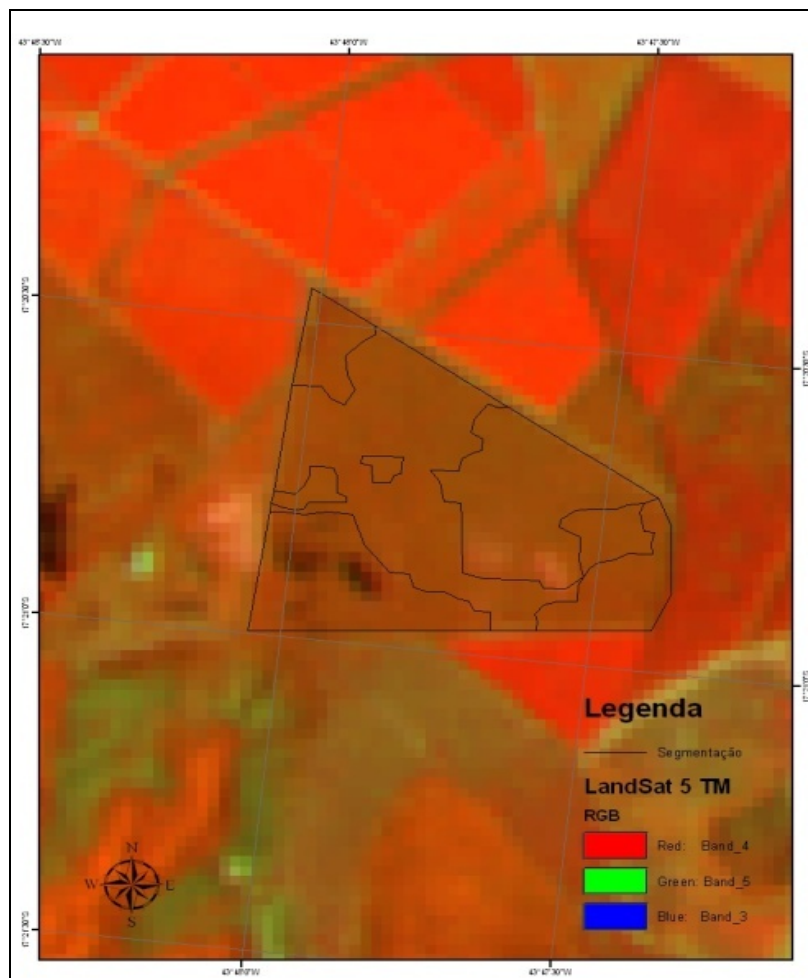


Figura 3 Segmentação e vetorização de polígonos para definição de estratos em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG

De acordo com a Figura 3, a definição dos estratos baseou-se nas seguintes relações: regiões de baixa cobertura foliar foram associadas às áreas onde foram observadas cores mais próximas ao verde (ciano), indicando exposição dos solos, intercaladas com uma tonalidade mais clara. Estas foram enquadradas na classe de cerrado ralo, regiões em vermelho com maior intensidade, com pouca rugosidade, ausência de manchas mais escuras

indicando sombra, intercaladas a uma região com alguma visibilidade do solo (tonalidade mais clara) indicaram uma cobertura foliar mais nova, como alguma brotação. Essa resposta foi ajustada a um padrão intermediário de densidade de vegetação.

A representação da vegetação madura foi associada a um vermelho amarronzado intenso, acompanhado por uma textura mais homogênea e com pouca visibilidade do solo, indicando uma maior densidade da cobertura do solo, proporcionado por uma vegetação mais densa.

Apesar das interpretações feitas nesse trabalho com relação às variáveis densidade e volume representarem com certo nível de adequação à realidade das unidades amostrais, Silva (2009) ressalta que a interpretação da resposta espectral observada na imagem apresenta variações em função do período do imageamento, sendo bastante afetada pela variação na densidade foliar que ocorre em função de alterações da disponibilidade hídrica.

Ao final do procedimento de segmentação obteve-se, para o fragmento estudado, a distinção de três estratos formados por uma série de polígonos disjuntos (Figura 4). Conforme descrito no item 2.4.2, esses polígonos foram classificados como ralo, médio e denso, em função do padrão de resposta espectral apresentada. Na Tabela 2 estão as informações que caracterizam os estratos em termos de amostragem e também as áreas dos mesmos.

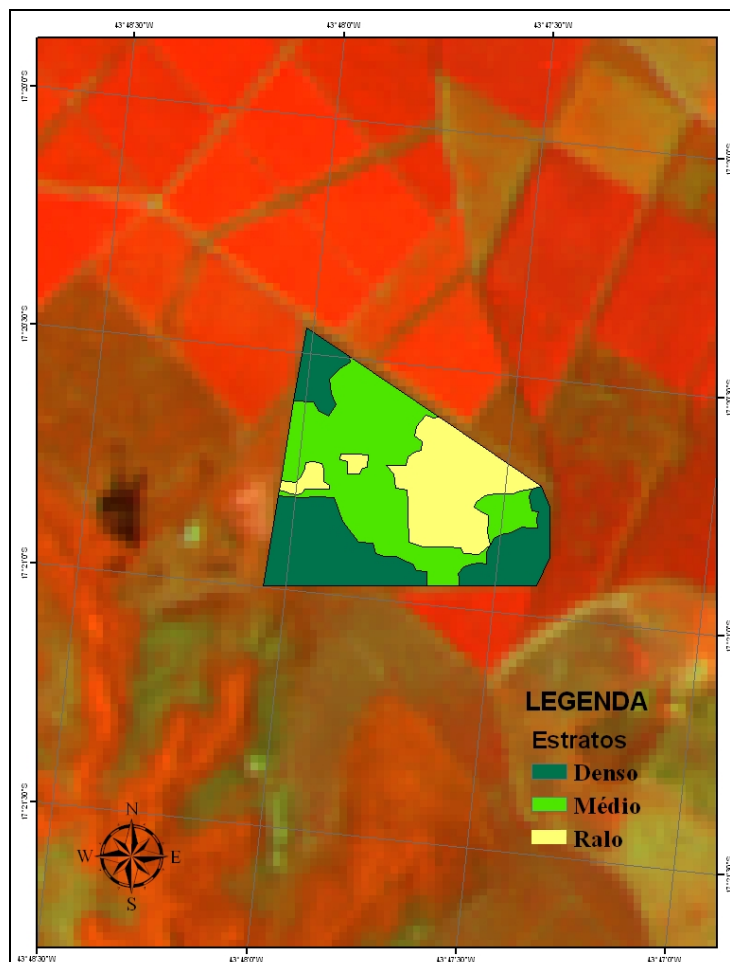


Figura 4 Estratos definidos a partir do processo de segmentação e classificação visual de imagens em um fragmento de Cerrado *Sensus Stricto* em Bocaiúva, MG

Tabela 2 Classificação e áreas dos estratos definidos no fragmento estudado

Estrato	Área (ha)	Número de parcelas
Denso	27,262	5
Médio	37,958	10
Ralo	21,74	9
Total do Fragmento	86,96	24

Apesar de as cenas LandSat, como as utilizadas neste estudo, apresentarem resolução espacial classificada como média (30 x 30m) e, dessa forma, não permitindo avaliar com detalhamento elevado a cobertura dos solos, o processo mostrou-se eficiente, corroborando a viabilidade de utilização da metodologia proposta e utilizada por Silva (2009).

O uso de imagens possibilitou a identificação de regiões mais homogêneas e distintas no mesmo fragmento, criando a possibilidade de utilização dessa metodologia para um planejamento mais adequado da distribuição de unidades amostrais sobre a população a ser inventariada, em uma situação de pré-estratificação.

Entretanto, em função da limitação apresentada pelas imagens da série LandSat 5 TM, em termos de resolução espacial, o tamanho do fragmento a ser inventariado terá grande influência sobre o processo de definição dos estratos, podendo tornar-se difícil, ou até mesmo inviável, o emprego desta metodologia para áreas muito pequenas.

3.2 Processamento do inventário florestal

3.2.1 Amostragem sistemática

A Figura 5 ilustra a configuração das parcelas alocadas sistematicamente em 2005. Na mesma figura é possível perceber os polígonos resultantes da segmentação visual e a classificação dos mesmos nos respectivos estratos pré-definidos (ralo, médio e denso) e como as parcelas ficaram distribuídas em relação aos estratos.

Nota-se que todos os estratos foram amostrados por ocasião da locação das parcelas em 2005, uma vez que há uma distribuição das parcelas de modo a

varrer toda a área inventariada, sendo esta, uma vantagem da amostragem sistemática também observada por Silva (2009).

Porém, para o processamento do inventário utilizando os estimadores da ACS, que são os mesmos empregados na amostragem sistemática conforme descrito por Péllico Netto e Brena (1997) e Scolforo e Mello (2006), a definição dos estratos foi desconsiderada. Os resultados obtidos para o processamento dos dados com todas as parcelas da área do estudo utilizando estimadores da AS são apresentados na Tabela 3.

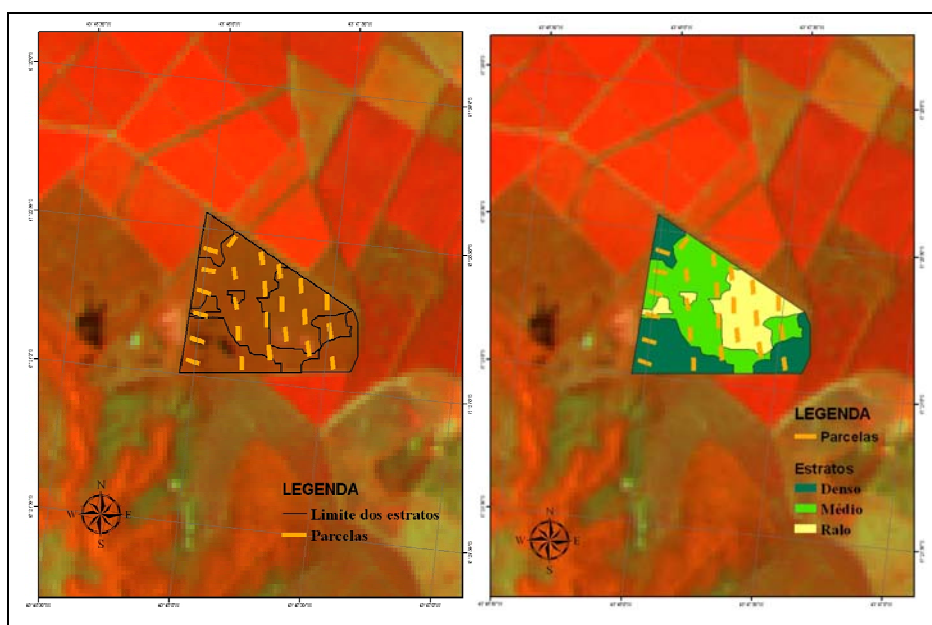


Figura 5 Distribuição das parcelas sobre os estratos definidos no fragmento estudado

Tabela 3 Estatísticas descritivas do processamento utilizando a Amostragem Sistemática para a amostra composta por 24 parcelas

Características	Valor estimado
Média (m ³ . ha ⁻¹)	55,8297
Variância (m ⁶ . ha ⁻¹)	300,574
Desvio Padrão (m ³ . ha ⁻¹)	17,3371
CV (%)	31,05
Erro Padrão da Média (m ³ . ha ⁻¹)	0,3490
Erro do inventário (m ³)	0,7219
Erro (%)	12,93
IC (m³.ha⁻¹)	
48,610657 ≤ μ ≤ 63,04879	

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, o volume médio por hectare (55,8297m³) do fragmento estudado encontra-se acima da média de 49,97m³ estimado por Scolforo, Mello e Oliveira (2008) para áreas de Cerrado *Sensu Stricto* no estado de Minas Gerais.

O erro de amostragem percentual (E%) encontrado foi menor que o máximo admitido pela legislação no tocante ao desmatamento no Estado de Minas Gerais, segundo a Portaria 191 do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, que é de 15%, indicando que para quantificação volumétrica a amostragem foi suficiente.

No entanto, cabe ressaltar que a intensidade amostral utilizada pode ser considerada relativamente alta quando comparada a maioria dos inventários florestais. Neste fragmento foram amostrados 2,7% de sua área total (cerca de 1 parcela para cada 4 hectares), enquanto que na grande maioria dos inventários esta proporção é igual ou menor a 1 parcela para cada 10 hectares.

3.2.2 Amostragem sistemática estratificada

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do processamento dos dados utilizando-se os estimadores da Amostragem Sistemática Estratificada, para as 24 parcelas sistematizadas ao longo da área.

Tabela 4 Processamento do inventário utilizando estimadores da ACE

Estrato	n_j	N_j	N_j/N	\bar{y}_j	S^2_j	CV	$\bar{Y}_{str.}$	$(N_j/N)^2 * S^2_{y_j}$
Denso	5	272,6	0,3135	79,24	240,506	19,57	24,842	4.727509581
Médio	10	379,5	0,4365	56,40	64,769	14,27	24,618	1.234057864
Ralo	9	217,4	0,2500	42,55	102,775	23,82	10,638	0.713719629
TOTAL	24	869,6				18,15	60,098	6.675287073
Erro ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	5,2704							
Erro (%)	8,77							
Intervalo de Confiança ($m \cdot ha^{-1}$): $54,8276 \leq \mu \leq 65,3684$								

em que: n_j = número de parcelas mensuradas no estrato j ; N_j = número máximo de parcelas cabíveis no estrato j ; N = número de parcelas cabíveis na população; \bar{y}_j = média por estrato; S^2_j = variância por estrato CV = coeficiente de variação (%); $\bar{Y}_{str.}$ = média estratificada; $(N_j/N)^2 * S^2_{y_j}$ = variância da média estratificada e IC = intervalo de confiança.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 4 permite verificar diferenças entre as variabilidades dos dados em cada estrato. Nota-se que o estrato ralo apresentou maior diferença entre as informações das parcelas, enquanto o estrato médio foi o mais homogêneo entre todos.

Com relação às médias volumétricas dos estratos verifica-se que o volume médio por hectare do estrato denso foi superior em 40% à média do estrato médio, enquanto entre o estrato médio e o ralo essa diferença foi de

32 %. A média de volume por hectare do estrato ralo foi equivalente a 53,4% do volume médio obtido no estrato denso.

Na Tabela 5 é apresentada uma análise comparativa entre os dois procedimentos, onde se observa que o valor de CV% para população estratificada foi inferior ao CV% da população sem estratificação, implicando em redução do erro e consequente aumento da precisão. Na mesma tabela é possível verificar que o erro percentual do inventário encontrado (8.77%) foi inferior ao obtido pelos estimadores da ACS (12.93%), sendo ambos inferiores ao máximo admitido pela legislação no estado de Minas Gerais (15%).

A amostragem estratificada mostrou maior eficiência, proporcionando redução nominal de 4,16 pontos percentuais no erro amostral, correspondendo a uma diminuição de 32% do erro obtido com o processamento utilizando os estimadores da amostragem sistemática. Este resultado apontou que a estratificação foi benéfica no sentido de redução do erro de amostragem. A redução de quase 60% no coeficiente de variação também mostrou que o emprego da interpretação de imagens para determinação dos estratos foi eficiente.

Apesar de os dois procedimentos proporcionarem erros abaixo do limite de 15%, estabelecido pelo órgão de fiscalização em Minas Gerais (IEF), a ASE foi mais precisa, gerando, portanto, informações mais confiáveis. Dessa forma, é possível afirmar que a ASE é mais adequada quando se torna necessária a quantificação do volume madeireiro com maior rigor.

Em relação à estimativa do volume por hectare para a área estudada, os dois procedimentos de amostragem diferiram em 4,26 m³. ha⁻¹, tendo a ACE estimado volume médio superior em 7,63% ao estimado pela AS. Porém, em ambos os casos, a média de cada um dos estimadores esteve ainda dentro do intervalo de confiança gerado pelo outro, assim pode-se dizer que não houve tendências nas estimativas geradas pelos dois tipos de amostragem.

Tabela 5 Análise comparativa do processamento do inventário com estimadores da ACS e da ACE

Estatística	Procedimento de Amostragem	
	Sistemático	Estratificado
Média (m ³ /ha)	55,829	60,098
CV (%)	31,05	18,15
E (%)	12,93	8,77

Considerando a maior precisão obtida por meio da ACE frente a uma mesma intensidade amostral, cria-se a possibilidade de redução do tamanho da amostra no intuito de diminuir os custos e o tempo necessários para coleta dos dados no campo.

Diante dos resultados apresentados, assim como observado por Silva (2009), é bastante factível o uso da técnica de interpretação visual com base em imagens orbitais, para o procedimento de estratificação de uma população a ser inventariada. Os resultados mostram que a base para estratificação adotada proporcionou uma correta definição de estratos com substancial ganho em precisão no levantamento.

Silva (2009) destaca que a utilização desta técnica em um processo de pré-estratificação para inventário em vegetação nativa poderia aumentar a eficiência da estratificação, uma vez que as parcelas poderiam ser mais bem distribuídas em relação às áreas dos estratos, além de eliminar a possibilidade de que algum estrato deixe de ser amostrado.

3.3 Simulações de redução da intensidade amostral

3.3.1 Volumetria

Considerando a maior precisão obtida pela ASE em relação à ACS, para um mesmo número de parcelas na amostra, a estratificação da população possibilita a redução da amostragem necessária para manter uma boa representatividade dessa população. Dessa forma, foi realizado o procedimento de simulação da redução da amostra em 50% (12 parcelas).

A Figura 6 ilustra 4 das 100 simulações de amostragem com 12 parcelas considerando a representação de todos os estratos, onde é possível observar as parcelas selecionadas e as parcelas eliminadas em cada amostra.

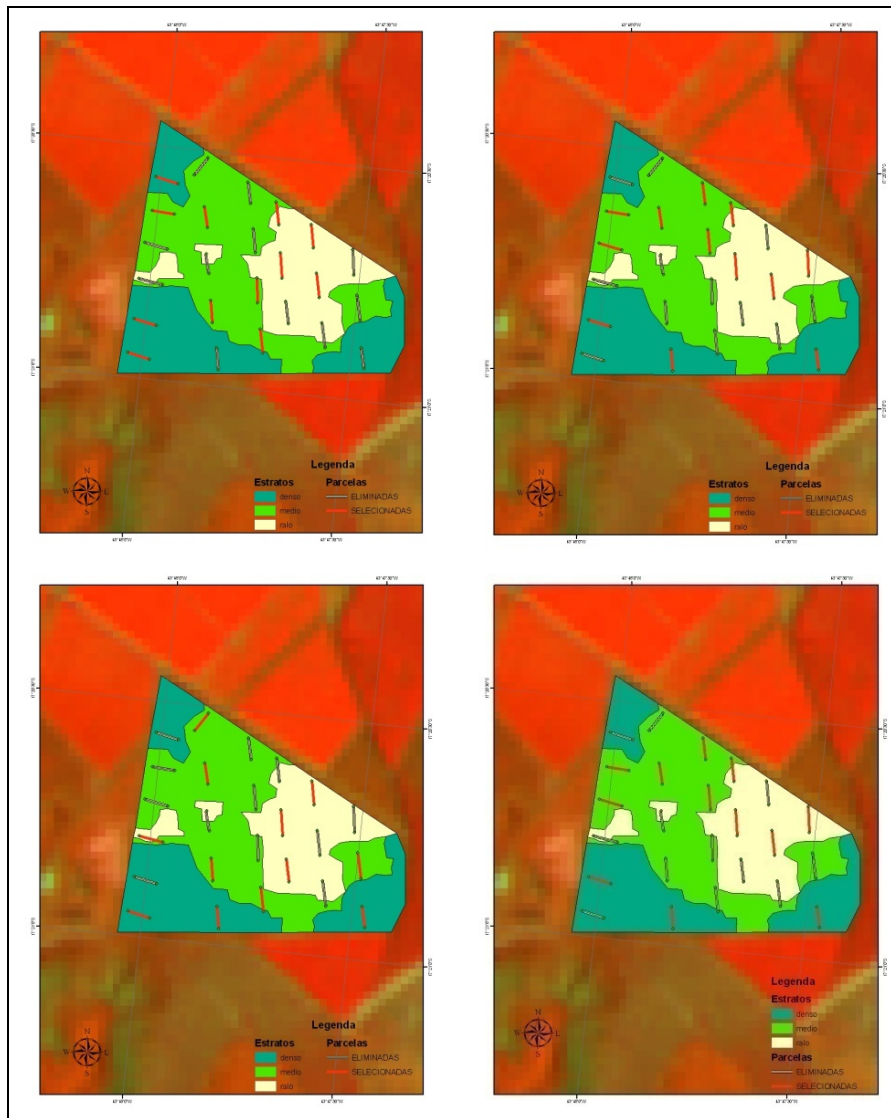


Figura 6 Representação de 4 das 100 amostras aleatorizadas considerando a redução de 50 % da amostra original

Para verificar o efeito da redução do tamanho da amostra sobre as estimativas obtidas com o emprego da amostragem sistemática, as simulações também foram processadas pelos estimadores da ACS. Na Tabela 6 é apresentado o resultado do processamento para cada procedimento de amostragem, representando as médias das 100 amostras selecionadas.

Verifica-se, ao analisar os resultados apresentados na referida tabela, que a redução da intensidade amostral na amostragem estratificada promoveu um aumento de 3,41 pontos percentuais no erro amostral, o equivalente a cerca de 40% do erro obtido com a amostra original.

Apesar do considerável aumento do erro amostral, o mesmo permaneceu abaixo do limite de 15% estabelecido pelo IEF em Minas Gerais, mostrando ainda a viabilidade de se realizar uma redução tão drástica no tamanho da amostra, principalmente se consideramos que as médias das duas intensidades amostrais (24 e 12 parcelas) quase não diferiram (Tabela 6), sugerindo que as simulações de redução não foram tendenciosas.

Tabela 6 Resultados médios do processamento do inventário segundo os estimadores da ASE e ACS para as 100 simulações de amostras compostas por 12 parcelas

Amostragem Estratificada					
n	CV (%)	Média (m ³ . ha ⁻¹)	Erro (%)	IC (m ³ . ha ⁻¹)	
				Li	Ls
24	18,23	60,0975	8,77	54,8271	65,3679
12	17,04	60,9426	11,97	53,6477	68,2374
Amostragem Sistemática					
n	CV (%)	Média (m ³ . ha ⁻¹)	Erro (%)	IC (m ³ . ha ⁻¹)	
				Li	Ls
24	31,05	55,8297	12,93	48,6107	63,0488
12	33,12	56,3352	20,90	44,5798	68,0906

em que: n = número de parcelas; IC = intervalo de confiança; L_i = limite inferior; L_s = limite superior.

Em relação à amostragem sistemática, percebe-se que a redução da intensidade amostral promoveu efeitos negativos mais impactantes sobre a precisão do inventário, elevando o erro em cerca de 60%, tornando-o superior ao limite aceito pelo IEF e, desta forma, não sendo adequada esta intensidade amostral.

O pior desempenho da amostragem sistemática, quando utilizada uma amostra de menor tamanho, se relaciona aos critérios de seleção das unidades amostrais utilizados, em que a obrigatoriedade de representação de todos os estratos na amostra, faz com que se eleve naturalmente a variabilidade dos dados.

Os resultados mostraram que, mesmo com metade do número de unidades amostrais utilizados inicialmente, as médias estimadas pelos dois procedimentos estão dentro do intervalo de confiança obtido a partir da amostra original, evidenciando que o número de unidades amostrais utilizados originalmente pode ser considerado alto. Entretanto, as precisões para os dois procedimentos foram reduzidas, sobretudo para a ACS, ocasionando intervalos de confiança muito amplos e, desta forma, estimativas menos confiáveis.

3.3.2 Análise fitossociológica

Na Tabela 7 são apresentados os resultados dos parâmetros densidade absoluta (D_a) e valor de importância em % (IVI) para cada espécie, calculados com a amostra original (24 parcelas) e os obtidos a partir das médias das 100 simulações de amostras com 12 parcelas.

Tabela 7 Estimativas de Densidade absoluta (DA) e Valor de Importância em porcentagem (IVI) para as espécies do fragmento Corredor em Bocaiúva, MG. Espécies ordenadas pelo IVI (%) – 12 parcelas

Espécie	DA (12)	LI	LS	DA (24)	IVI (12)	LI	LS	IVI (24)	P 12	P 24
<i>Dalbergia miscolobium</i>	134,59	130,32	138,86	133,75	6,290	6,098	6,482	6,420	1	3
<i>Pouteria torta</i> **	120,24	113,77	126,71	126,67	6,268	5,951	6,585	6,640	2	1
<i>Eriotheca pubescens</i> **	118,68	112,15	125,22	124,58	6,112	5,804	6,420	6,490	3	2
<i>Bowdichia virgilioides</i> **	62,38	59,94	63,82	60,00	5,982	5,813	6,150	5,720	4	5
<i>Eugenia aurata</i>	139,25	132,98	145,51	135,00	5,908	5,662	6,153	5,880	5	4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	83,49	80,78	86,20	83,75	4,286	4,133	4,439	4,390	6	6
<i>Qualea grandiflora</i>	63,04	60,71	65,36	60,83	3,838	3,718	3,957	3,840	7	7
<i>Kielmeyera coriacea</i> **	60,07	58,13	62,00	59,17	3,220	3,130	3,310	3,330	8	9
<i>Caryocar brasiliense</i> **	35,74	33,63	37,84	37,08	3,146	2,983	3,309	3,350	9	8
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> **	40,59	37,79	43,39	42,08	2,912	2,774	3,050	3,080	10	10
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	55,93	53,90	57,95	55,83	2,827	2,722	2,933	2,890	11	11
<i>Pouteria ramiflora</i>	47,13	42,90	51,36	44,17	2,701	2,540	2,861	2,590	12	13
<i>Plathymenia reticulata</i>	43,60	40,37	46,83	43,33	2,633	2,468	2,798	2,660	13	12
<i>Couepia grandiflora</i>	26,20	24,95	27,46	25,83	2,300	2,213	2,387	2,320	14	14
<i>Copaifera langsdorffii</i>	46,69	43,15	50,24	43,75	2,264	2,147	2,382	2,240	15	15
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	25,29	24,16	26,42	25,42	2,008	1,915	2,102	2,080	16	17
<i>Dimorphandra mollis</i> **	22,50	21,09	23,92	23,33	2,008	1,928	2,088	2,100	17	16
<i>Eugenia dysenterica</i> **	30,76	28,98	32,54	31,25	1,916	1,825	2,007	2,010	18	18
<i>Acosmium dasycarpum</i> *	30,10	28,54	31,65	27,08	1,879	1,797	1,962	1,800	19	19
<i>Miconia albicans</i>	28,39	26,65	30,13	27,92	1,759	1,674	1,844	1,800	20	20
<i>Erythroxylum ambiguum</i>	30,40	26,96	33,85	29,58	1,649	1,517	1,782	1,690	21	21

<i>Enterolobium gummiferum</i>	23,11	21,35	24,87	24,58	1,571	1,470	1,672	1,640	22	22
<i>Annona crassiflora</i>	17,78	16,56	19,01	17,92	1,545	1,449	1,642	1,580	23	24
<i>Handroanthus ochraceus</i>	19,78	18,32	21,24	18,75	1,542	1,455	1,628	1,520	24	26
<i>Aegiphila lhotskiana</i>	19,65	17,96	21,34	20,42	1,539	1,438	1,640	1,620	25	23
<i>Roupala Montana</i>	23,83	21,96	25,69	24,17	1,498	1,391	1,605	1,560	26	25
<i>Cabralea canjerana</i> **	16,74	15,71	17,77	17,08	1,294	1,240	1,349	1,380	27	27
<i>Qualea multiflora</i> ***	16,10	14,75	17,45	12,92	0,959	0,894	1,023	0,810	28	31
<i>Hancornia speciosa</i>	11,11	9,72	12,51	10,83	0,948	0,867	1,029	0,920	29	28
<i>Diospyros hispida</i>	11,88	10,21	13,54	11,67	0,833	0,740	0,926	0,840	30	30
<i>Qualea parviflora</i>	6,72	6,20	7,24	6,25	0,822	0,772	0,872	0,790	31	32
<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	8,60	7,46	9,73	9,17	0,814	0,722	0,905	0,860	32	29
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	8,29	7,68	8,90	8,33	0,742	0,694	0,790	0,750	33	33
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> ***	8,62	7,61	9,64	7,08	0,669	0,608	0,730	0,560	34	34
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	5,54	4,18	6,90	6,67	0,516	0,457	0,576	0,530	35	35
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	4,89	4,11	5,66	5,00	0,491	0,431	0,551	0,490	36	36
<i>Magonia pubescens</i>	4,22	3,65	4,78	4,17	0,481	0,424	0,537	0,470	37	37
<i>Guapira noxia</i>	2,64	2,32	2,96	2,50	0,476	0,423	0,528	0,430	38	38
<i>Psidium pohlianum</i> *	5,55	4,76	6,34	4,58	0,475	0,418	0,533	0,420	39	39
<i>Plenckia populnea</i> **	3,64	3,20	4,07	3,33	0,431	0,391	0,471	0,380	40	41
<i>Erythroxylum deciduum</i>	3,75	3,21	4,30	4,17	0,386	0,337	0,436	0,410	41	40
<i>Guapira graciliflora</i>	3,62	3,09	4,15	3,33	0,382	0,325	0,438	0,350	42	42
<i>Myrsine umbellata</i> **	2,71	2,27	3,15	2,50	0,381	0,328	0,433	0,320	43	43
<i>Myrsine coriácea</i>	4,37	3,64	5,11	4,17	0,344	0,295	0,392	0,300	44	44

<i>Schefflera macrocarpa</i> ***	3,05	2,67	3,42	2,50	0,336	0,293	0,379	0,260	45	46
<i>Lafoensia vandelliana</i>	3,70	3,07	4,33	3,75	0,311	0,263	0,359	0,270	46	45
<i>Eremanthus glomerulatus</i> **	2,34	2,03	2,65	2,08	0,298	0,261	0,335	0,230	47	48
<i>Guapira opposita</i> ***	2,53	2,12	2,93	2,08	0,289	0,242	0,336	0,220	48	49
<i>Ocotea lancifolia</i>	2,07	1,77	2,37	2,08	0,285	0,243	0,326	0,250	49	47
<i>Eugenia sonderiana</i> ***	2,76	2,46	3,06	2,08	0,284	0,247	0,321	0,200	50	51
<i>Pterodon emarginatus</i> **	2,61	2,07	3,15	2,08	0,238	0,191	0,286	0,160	51	57
<i>Senna macranthera</i> ***	2,90	2,40	3,40	2,08	0,232	0,189	0,276	0,150	52	58
<i>Myrcia splendens</i>	1,66	1,39	1,92	1,67	0,227	0,187	0,267	0,190	53	53
<i>Agonandra brasiliensis</i> ***	1,19	1,02	1,36	0,83	0,224	0,181	0,268	0,140	54	59
<i>Duguetia furfuracea</i> **	1,47	1,24	1,71	1,25	0,222	0,178	0,267	0,170	55	55
<i>Eriotheca gracilipes</i> **	1,39	1,16	1,63	1,25	0,218	0,174	0,261	0,170	56	56
<i>Erythroxylum suberosum</i>	1,22	0,98	1,46	1,25	0,210	0,162	0,258	0,190	57	54
<i>Terminalia glabrescens</i> ***	2,94	2,28	3,60	2,08	0,204	0,147	0,261	0,130	58	61
<i>Machaerium opacum</i> *	1,90	1,40	2,39	2,50	0,199	0,151	0,248	0,210	59	50
<i>Machaerium villosum</i> ***	1,07	0,90	1,24	0,83	0,196	0,154	0,239	0,130	60	62
<i>Ouratea hexasperma</i>	1,41	1,09	1,73	1,25	0,177	0,131	0,223	0,140	61	60
<i>Campomanesia velutina</i> ***	1,07	0,90	1,24	0,83	0,174	0,135	0,213	0,120	62	63
<i>Tabebuia aurea</i> ***	0,75	0,66	0,84	0,42	0,159	0,111	0,207	0,060	63	75
<i>Antonia ovata</i> **	1,26	0,94	1,57	1,25	0,150	0,110	0,190	0,200	64	52

<i>Eremanthus erythropappus</i>	0,85	0,62	1,07	0,83	0,137	0,093	0,181	0,110	65	64
<i>Xylopia sericea</i> ***	0,63	0,51	0,76	0,42	0,128	0,083	0,172	0,060	66	76
<i>Casearia arborea</i> ***	0,63	0,51	0,76	0,42	0,123	0,078	0,167	0,060	67	77
<i>Platycyamus regnellii</i>	1,00	0,72	1,28	0,83	0,119	0,076	0,162	0,090	68	66
<i>Diospyros burchellii</i>	1,03	0,75	1,30	0,83	0,113	0,072	0,153	0,080	69	67
<i>Senegalia langsdorffii</i>	0,55	0,41	0,68	0,42	0,105	0,067	0,143	0,070	70	69
<i>Vochysia rufa</i>	1,03	0,75	1,31	0,83	0,104	0,065	0,144	0,070	71	70
<i>Strychnos pseudoquina</i> ***	0,57	0,44	0,71	0,42	0,104	0,063	0,144	0,060	72	78
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	0,40	0,26	0,54	0,42	0,100	0,052	0,148	0,070	73	71
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	0,42	0,28	0,56	0,42	0,100	0,033	0,113	0,070	74	72
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,08	0,66	1,50	1,25	0,097	0,059	0,135	0,110	75	65
<i>Pereskia grandifolia</i>	0,50	0,36	0,64	0,42	0,087	0,051	0,123	0,060	76	79
<i>Myrcia guianensis</i>	0,50	0,36	0,64	0,42	0,087	0,051	0,123	0,060	77	80
<i>Zollernia ilicifolia</i>	0,42	0,28	0,56	0,42	0,084	0,045	0,123	0,070	78	73
<i>Mimosa arenosa</i>	0,45	0,31	0,60	0,42	0,080	0,044	0,116	0,060	79	81
<i>Rollinia emarginata</i>	0,47	0,33	0,61	0,42	0,073	0,044	0,102	0,060	80	82
<i>Davilla elliptica</i>	0,46	0,32	0,61	0,42	0,071	0,042	0,101	0,060	81	83
<i>Zeyheria Montana</i>	0,46	0,32	0,61	0,42	0,071	0,042	0,100	0,060	82	84
<i>Aspidosperma subincanum</i>	0,44	0,30	0,59	0,42	0,071	0,041	0,100	0,060	83	85
<i>Terminalia fagifolia</i>	0,66	0,38	0,94	0,83	0,069	0,034	0,103	0,080	84	68
<i>Miconia pusilliflora</i>	0,41	0,27	0,55	0,42	0,068	0,037	0,098	0,060	85	86
<i>Eugenia prasina</i>	0,41	0,27	0,55	0,42	0,063	0,033	0,092	0,060	86	87
<i>Dictyoloma vandellianum</i> *	0,28	0,15	0,41	0,42	0,054	0,022	0,085	0,070	87	74

“Tabela 7, conclusão”

<i>Baccharis dracunculifolia</i>	0,33	0,19	0,47	0,42	0,052	0,023	0,081	0,060	88	88
<i>Cupania racemosa</i>	0,29	0,15	0,43	0,42	0,048	0,018	0,078	0,060	89	89

* Espécies cujo intervalo de confiança estimado pelas simulações não contém a densidade absoluta (Da) estimada pelas 24 parcelas.** Espécies cujo intervalo de confiança estimado pelas simulações não contém o IVI (%) estimado pelas 24 parcelas.*** Espécies cujos intervalos de confiança estimados pelas simulações não contém os valores de Da e IVI (%) estimado pelas 24 parcelas. P12 = Posição de acordo com o IVI na amostra com 12 parcelas; P24 = Posição de acordo com o IVI na amostra com 24 parcelas.

A análise dos dados revela que a redução da intensidade amostral não alterou significativamente as informações sobre estrutura do fragmento, uma vez que, para a maioria das espécies, os valores encontrados para os parâmetros DA e IVI (%) na amostra original (24 parcelas) ficaram compreendidos nos intervalos de confiança obtidos com as simulações.

Para 80 % das espécies, o intervalo de confiança resultante das simulações compreende o valor da densidade absoluta estimada com a amostra original. Considerando todo o fragmento, a densidade absoluta verificada com as simulações foi igual a $1561,02 \pm 18,91$ indivíduos ha^{-1} , estando o valor encontrado a partir dos dados da amostra original, $1572,5$ indivíduos. ha^{-1} , dentro do intervalo de confiança obtido para a amostra composta por 12 parcelas.

A redução do tamanho da amostra não alterou a estimativa da estrutura diamétrica da floresta, sendo as pequenas diferenças observadas entre as frequências de indivíduos por classe diamétrica, obtidas a partir da média das 100 amostras simuladas e da amostra original, não significativas estatisticamente pelo teste Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$).

As estruturas diamétricas obtidas com os diferentes tamanhos de amostra são apresentadas no Gráfico 1.

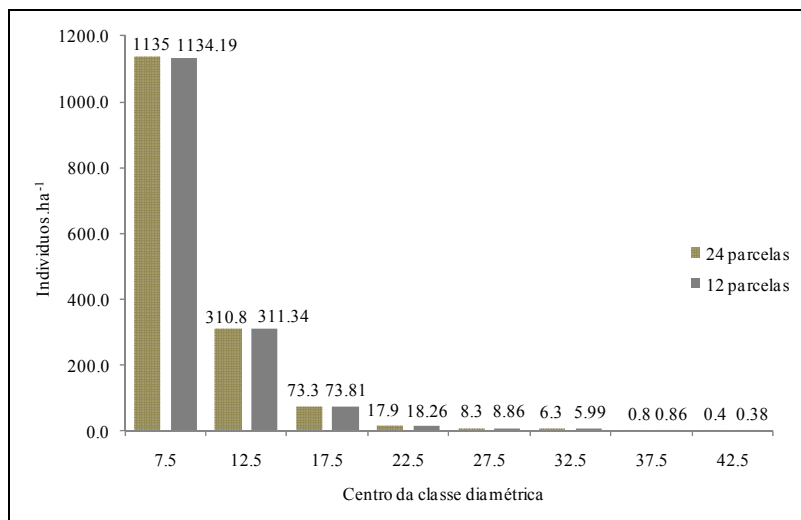


Gráfico 1 Distribuição diamétrica de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* a partir de amostras de diferentes tamanhos

Com relação ao valor de importância ecológica (IVI), para 66% das espécies, o IVI estimado para a amostra original ficou compreendido no intervalo de confiança obtido com as simulações. Esse menor percentual em relação a DA pode estar relacionado ao fato de ser o IVI um índice relativo e dependente das variáveis densidade, dominância e frequência em suas formas relativas, estando, portanto, mais sujeito a variação. Para 15% das espécies as duas estimativas (DA e IVI) da amostra original não ficaram compreendidas nos intervalos de confiança.

Entretanto, pôde-se constatar que 71% das espécies tiveram suas posições alteradas na ordenação pelo valor de importância, sendo as espécies que sofreram maior variação em sua importância ecológica no fragmento: *Casearia arborea* e *Xylopia sericea* (11 posições), *Antonia ovata*, *Tabebuia aurea*; *Dictyoloma vandellianum* com (13 posições) e *Terminalia fagifolia* (16 posições).

Entre as espécies de maior valor de importância, de acordo com a amostra original, as cinco primeiras alternaram suas posições. No entanto, as 10 espécies de maior valor de importância foram as mesmas para os dois tamanhos de amostra, indicando que a redução da intensidade amostral não trouxe grandes prejuízos à identificação das espécies com maior importância ecológica na área estudada (Tabela 6).

É importante lembrar que a Tabela 7 não representa a estrutura horizontal do fragmento obtida por meio das simulações, já que nem todas as espécies são contabilizadas com a amostra deste tamanho. Nesse caso, o IVI apresentado, representa uma média da importância relativa para cada espécie, em cada situação de amostra composta por 12 parcelas, resultados esses que estão próximos ao obtidos com a amostra de 24 parcelas.

3.3.3 Riqueza e diversidade

Em estudos de vegetação espera-se que com o aumento da área amostrada também haja, até certo limite, aumento do número de espécies encontradas, sendo este o princípio mais antigo e a base da curva espécie-área (ARRHENIUS, 1921; GLEASON, 1922). Nesse sentido, apesar de todas as espécies terem sido amostradas no processo de simulação (Tabela 6), a média do número de espécies (S) amostradas nas 100 simulações com 12 parcelas foi de $76 \pm 1,5$, sendo, portanto, 15% inferior à riqueza observada na amostra original, que foi de 89 espécies.

A redução da riqueza observada se deve principalmente a não amostragem das espécies menos abundantes, sobretudo as consideradas raras, que são aquelas que apresentam densidade absoluta menor que um indivíduo por hectare (KAGEYAMA; GANDARA, 1993). Neste estudo, as espécies raras

correspondem a cerca de 30 % das espécies amostradas com a amostra de tamanho original.

O valor médio para o índice de Shannon foi de 3,47 nats. indiv.⁻¹, ficando próximo ao valor de 3,45 encontrado para a amostra original, havendo também aumento da equabilidade (J) de 0,77 para 0,79. O Índice de Simpson teve valor exatamente igual ao verificado para a amostra de 24 parcelas (0,95), comprovando que a ausência das espécies de baixa densidade, e raras na amostra, não afetou as estimativas de diversidade da área.

A condição de representatividade de todos os estratos no processo de seleção das parcelas para comporem as amostras simuladas pode ser considerada um fator que favoreceu boa representação da composição florística. Essa relação se estabelece ao passo que foram verificadas diferenças na riqueza e diversidade entre os estratos, quando consideradas todas as parcelas da amostra original, conforme apresentado na Tabela 8.

Nesse caso, o efeito da redução da intensidade amostral sobre o número de espécies amostradas pode ser minimizado quando se amostra adequadamente todos os estratos, sendo a variabilidade florística da área bem representada por um número menor de parcelas.

Tabela 8 Riqueza e diversidade de três estratos definidos em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG

Estrato	N	N	S	DA (ind. parcela⁻¹)	H'	J'	D
Ralo	1287	9	56	143,00	3,27 a	0,81	0,95
Médio	1561	10	63	156,10	3,38 b	0,81	0,95
Denso	926	5	71	185,20	3,56 c	0,83	0,96
Total	3774	24	89	157,25	3,47	0,77	0,96

em que: N= número de indivíduos amostrados; n = número de parcelas no estrato; S = riqueza; H' = índice de diversidade de Shannon; J= equabilidade

de Pielou; D = índice de diversidade de Simpson; diferenças significativas pelo teste t de Hutcheson, comparando-se os estratos aos pares. 1 x 2 (t= -2,95 p<0,01); 1 x 3(t= -2,95 p<0,01); 3 x 2 (t= 6,14 p<0,001).

Observa-se que a riqueza de espécies apresenta correlação com a densidade média das parcelas do estrato, podendo-se afirmar que o estrato denso apresentou maior riqueza que os outros dois estratos, uma vez que o maior número de indivíduos amostrados nos estratos classificados como médio e ralo, não refletiu em maior número de espécies para esses estratos.

Considerando os diferentes esforços amostrais em função dos diferentes números de parcelas e de indivíduos amostrados em cada estrato, foi utilizado, para comparar a riqueza entre os estratos ralo e médio, o método de estimativa de riqueza por rarefação (GOTELLI; COLWELL, 2001; HURLBERT, 1971). A rarefação é um tipo de interpolação utilizado para padronizar a riqueza de espécies esperada num mesmo tamanho amostral, podendo ser considerado como medida do esforço amostral, a área ou o número de indivíduos.

Na Figura 8 são apresentadas as curvas de rarefação por indivíduo para cada estrato, onde, segundo o método utilizado, os estratos médio e ralo podem ter riqueza semelhantes considerando as estimativas médias e os respectivos intervalos de confiança ($\alpha = 0,05$). Pode também ser observado que o estrato denso realmente se diferencia dos outros dois estratos em termos de número de espécies, quando padronizado o esforço amostral em 926 indivíduos (linha tracejada).

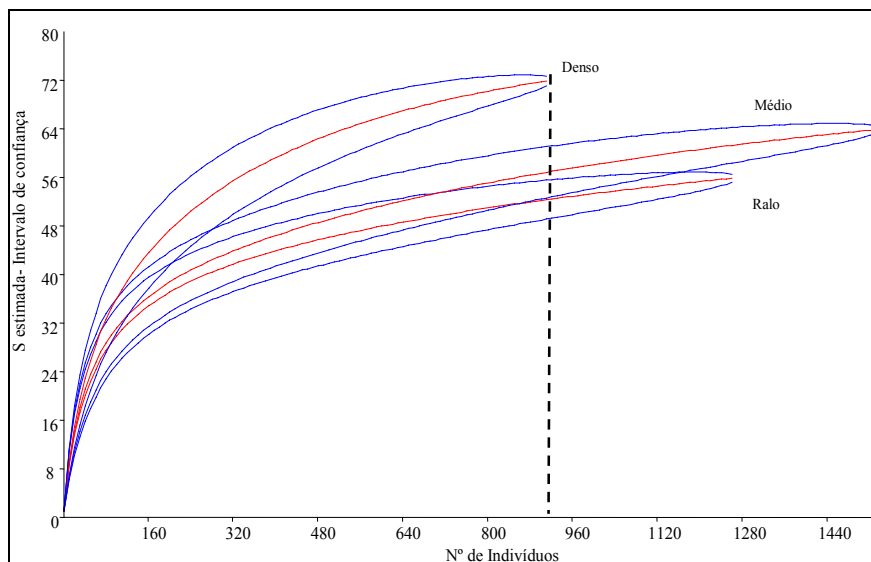


Gráfico 2 Curvas de rarefação por indivíduo para os estratos definidos no em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva, MG. (Azul - limites do intervalo de confiança; Vermelho - curva média)

As maiores riqueza e diversidade, observadas para o estrato denso, podem ser reflexo de condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas, permitindo, além de maior densidade de indivíduos e maior produtividade nessas áreas, a coexistência de maior número de espécies em função de uma faixa mais ampla de características ambientais que permite o estabelecimento de espécies que ocupam diferentes nichos.

A relação entre redução da riqueza de espécies e diminuição da densidade de indivíduos foi verificada em áreas de Cerrado por Ribeiro e Tabarelli (2002). Segundo os autores, a redução na densidade de plantas lenhosas no Cerrado, e conseqüentemente da riqueza é, em parte, devido a fatores que limitam a ocorrência de espécies com estratégias particulares de vida.

Essa situação é visualizada em escala mais ampla quando se avalia as variações entre os gradientes fisionômicos do Cerrado, conforme foi investigado por Goodland (1971, 1979). Comparando áreas de Campo sujo, Campo cerrado, Cerrado *Sensu Stricto* e Cerradão, no estado de Minas Gerais, o autor verificou aumentos na cobertura, altura, densidade, área basal e riqueza de árvores no sentido do campo sujo para o cerradão, evidenciando a relação entre o grau de cobertura do solo e a riqueza de espécies.

Souza et al. (2003) sugerem que maior área basal e densidade podem estão relacionadas a melhores condições de fertilidade do solo e também a aspectos ligados a perturbações sofridas na área, portanto, vinculados a dinâmica da floresta.

Diante dos resultados apresentados, a redução da amostragem a partir da estratificação pode ser realizada sem prejudicar as interpretações de riqueza, diversidade e estrutura da área estudada, principalmente quando se busca identificar as espécies da maior densidade e importância ecológica, uma informação necessária ao se avaliar o seu potencial para exploração sob as bases do manejo sustentável.

3.3.4 Dinâmica

Na Tabela 9 são apresentados os parâmetros da dinâmica (mortalidade; recrutamento e IPA) obtidos a partir da amostra original e da amostra reduzida.

Tabela 9 Estimativas da dinâmica da comunidade arbórea para diferentes tamanhos de amostra

n	m (%)	r (%)	M	R	IPA (cm.ano⁻¹)
24	1,27	2,57	260	465	0,149
12*	1,29	2,48	115	237	0,151

m= taxa de mortalidade; r= taxa de recrutamento; M= número de indivíduos mortos na amostra; R = números de indivíduos recrutados *Os resultados se referem às médias das 100 simulações.

As diferenças observadas não foram estatisticamente significativas para as taxas de mortalidade pelo teste G ($p = 0,3157$) e de recrutamento ($p = 0,6019$), indicando que a proporção de indivíduos mortos e recrutados não foi afetada pelo tamanho da amostra. O IPA médio obtido para a amostra original também se mostrou dentro do intervalo de confiança obtido para as simulações, que variou de 0,143 a 0,159 cm.ano^{-1} .

Os tempos de meia vida ($T_{0,5}$), duplicação (T_2), estabilidade e rotatividade, apresentados na Tabela 10, mostram-se bastante próximos aos estimados para a amostra original. Dessa forma, pode-se afirmar que a utilização da amostra reduzida, representando todos os estratos, permite que sejam retiradas as mesmas conclusões sobre a dinâmica e o estágio silvigenético da vegetação com base nesses parâmetros.

Tabela 10 Mortalidade e recrutamento em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva/MG a partir de amostras de diferentes tamanhos

Amostra (n)	Meia vida (anos)	Duplicação (anos)	Rotatividade (anos)	Estabilidade (anos)
24	54,74	27,31	41,02	27,42
12	53,38	28,29	40,83	25,09

n = número de parcelas

A dinâmica de uma floresta está relacionada com a heterogeneidade de ambientes, resultante de distúrbios naturais (ex. abertura de clareiras, predação, herbivoria, dispersão, competição intra e interespecífica, efeito da densidade) ou de fatores físicos (ex. disponibilidade hídrica, características edáficas). Tais fatores determinam as condições apropriadas para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies (CONDIT, 1995; CRAWLEY, 1997; HARTSHORN, 1980; REES et al., 2001; SWAINE, 1990; SWAINE; LIEBERMAN; PUTZ, 1987).

Variáveis globais do fragmento florestal, como área basal e densidade, são reflexo de fatores climáticos e edáficos, estando também relacionados ao estágio sucessional da área, portanto, vinculados à dinâmica da floresta (HENRIQUES, 2005; SOUZA et al., 2003).

Deste modo, é possível perceber neste estudo a existência de uma relação entre densidade dos estratos e os parâmetros da dinâmica da floresta (Tabela 11), onde os estratos mais densos tendem a apresentar maior taxa de mortalidade e menor taxa de recrutamento, fruto do acirramento da competição intra e interespecífica nos estrato mais denso e da sub ocupação dos estratos mais ralos.

Nota-se que o estrato classificado como denso apresenta maior estabilidade populacional, o que sugere que o mesmo encontra-se em situação de proximidade à sua capacidade de estocagem, indicando um estágio sucessional mais avançado caracterizado pelo equilíbrio entre as taxas de mortalidade e recrutamento. Nesse estágio, a dinâmica da comunidade resulta mais em redução da dominância de algumas espécies e o aparecimento de outras (aumento da riqueza), do que propriamente em alterações líquidas na densidade.

Em contrapartida, os estratos, ralo e médio, apresentam elevado desbalanço entre mortalidade e recrutamento, em que a evidente superioridade das taxas de recrutamento indica que a comunidade está ainda se estruturando. Considerando que o fragmento como um todo apresenta o mesmo histórico de perturbação, pode-se dizer que os três estratos apresentam velocidades diferentes de suas dinâmicas.

Essas diferenças entre segmentos de um mesmo fragmento florestal são tratadas por Korning e Balslev (1994), os quais afirmam que as florestas, em escala ampla, podem ser consideradas como um conjunto aleatório de manchas em diferentes fases de instabilidade (crescimento, envelhecimento ou declínio)

Segundo Skarpe (1992) isto caracteriza o padrão de sucessão em manchas, onde, sob diferentes escalas espaciais, o equilíbrio dinâmico das savanas pode ocorrer em função de um sistema de manchas dinâmicas e em desequilíbrio, que interagem a fim de promover estabilidade ao sistema.

Em outras palavras, uma floresta ou uma ampla área savânica que aparenta ter alcançado certo nível em sua dinâmica, quando estudada em escala de hectares, será sempre um mosaico de sucessões em miniatura, resultado do processo de mortes, substituições e microsucessões que uma observação mais abrangente pode ocultar (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006).

Portanto, a estratificação a partir da resposta espectral da vegetação permite a identificação de regiões com características distintas dentro de um mesmo fragmento, permitindo investigar, de forma mais detalhada, padrões de produtividade, estruturais e florísticos, além da identificação de microrregiões, dentro de um único fragmento, com estágios diferentes em sua dinâmica florestal.

Tabela 11 Mortalidade e recrutamento em diferentes estratos de um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* em Bocaiúva

Estrato	Nm	Nr	M (%. ano⁻¹)	R (%. ano⁻¹)	T_(0,5) (anos)	T₍₂₎ (anos)
Ralo	60	174	1,09	2,90	63,8	24,2
Médio	82	202	1,14	2,77	61,2	25,4
Denso	74	89	1,68	1,94	41,6	36,1
Total	216	465				

onde: Nm= número de indivíduos mortos; Nr= número de indivíduos recrutados; M= taxa de mortalidade; R= taxa de recrutamento.

4 CONCLUSÕES

O processo de segmentação por análise visual foi eficiente para identificar áreas com resposta espectral distintas, possibilitando a definição de estratos para realização de inventários florestais.

A estratificação do fragmento, mediante utilização de imagens LandSat, produziu estimativas mais precisas, gerando menor erro de estimativa da variável volume, em relação à utilização da Amostragem Sistemática.

A redução da intensidade amostral em 50%, não afetou significativamente a precisão das estimativas de volume feitas pelos estimadores da ACE, produzindo estimativas muito próximas às obtidas da amostra original.

Quando adotados os estimadores da amostragem casual simples, a redução do tamanho da amostra, aliada à distribuição das parcelas de forma a representar todos os estratos, reduziu expressivamente a precisão das estimativas.

A redução do número de unidades amostrais produziu estimativas semelhantes da estrutura horizontal da floresta também da distribuição diamétrica dos indivíduos. As estimativas de densidade absoluta e de índice de valor de importância das espécies foram semelhantes para os dois tamanhos de amostra.

Apesar de a riqueza observada ter sido menor com a amostra de menor tamanho, os índices de diversidade encontrados com a amostra reduzida em 50% foram bastante semelhantes aos observados com a amostra original.

As estimativas dos parâmetros da dinâmica florestal mostraram-se independentes do tamanho da amostra, permitindo as mesmas inferências feitas sobre a dinâmica da floresta quando utilizada a amostra original.

A estratificação da população possibilitou maior eficiência da amostragem, possibilitando a realização de estimativas precisas com menor intensidade amostral.

Esse estudo sugere que a forma como as unidades amostrais são distribuídas na população é um fator tão importante quanto a intensidade amostral, devendo-se, sempre que possível, efetuar a estratificação da população a ser inventariada.

Em estudos florísticos, fitossociológicos e de dinâmica em áreas de Cerrado deve-se dar preferência aos procedimentos amostrais em que a distribuição das unidades amostrais ocorre de modo a cobrir toda a população.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

ARRHENIUS, O. Species and area. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 95-99, 1921.

CESARO, A. de et al. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, jun. 1994.

CONDIT, R. Research in large, long-term tropical forest plots. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 18-22, Jan. 1995.

CRAWLEY, M. J. Life history and environment. In: _____. **Plant ecology**. Oxford: Blackwell Science, 1997. p. 73-131.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 45-48, abr./jun. 2005.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Mata nativa 3**: sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <<http://www.matanativa.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

GLEASON, H. A. On the relation between species and area. **Ecology**, Durham, v. 3, n. 2, p. 158-162, 1922.

GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: FERRI, M. G.; GOODLAND, R. (Ed.). **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979. p. 61-193.

_____. Physiognomic analysis of the “cerradão” vegetation of Central Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 59, p. 411-419, 1971.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, Oxford, v. 4, n. 4, p. 379-391, Aug. 2001.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistical software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica**, London, v. 4, p. 1-9, Mar. 2001. Disponível em: <<http://www.nhm.uio.no/norges/past/download.html>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

HARTSHORN, G. S. Neotropical forest dynamics. **Biotropica**, Bethesda, v. 12, n. 2, p. 23-30, June 1980.

HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 76-84.

HURLBERT, S. H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, Durham, v. 52, n. 4, p. 577-586, 1971.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Portaria n. 191**, de 16 de setembro de 2005. Dispõe sobre as normas de controle da intervenção em vegetação nativa e plantada no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.mltengenharia.com.br/pdfs/flor/Portaria%20191-05.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Processamento e análise de imagens de sensoriamento remoto**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/pdi.html>>. Acesso em: 15 out. 2010.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Dinâmica de populações de espécies arbóreas para o manejo e a conservação. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 1993. p. 1-9.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 4, n. 1, p. 77-86, Jan. 1994.

LOETSCH, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, 1974. v. 1, 436 p.

LUCCA, E. V. D. Comparison of SAR segmentation algorithms. In: JORNADA LATINO-AMERICANA DE SENSORIAMENTO REMOTO POR RADAR, TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 2., 1998, Santos. **Proceedings...** Santos: ESA, 1998. p. 123-130.

MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Análise comparativa de procedimentos de amostragem em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2000.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 547 p.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997. 316 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

REES, M. et al. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, New York, v. 293, n. 5530, p. 650-658, July 2001.

RIBEIRO, L. F.; TABARELLI, M. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 5, p. 775-794, Sept. 2002.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1998. 438 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2006. 561 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**: cerrado, florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas aptas para manejo florestal. Lavras: UFLA, 2008. 816 p.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**: equações de volume, peso de matéria seca e Carbono para diferentes fitofisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA, 2008. 216 p.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 91-100, Jan. 1996.

SILVA, S. T. da. **Estratificação da fitofisionomia Cerrado para inventário florestal utilizando geotecnologia**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SKARPE, C. Dynamics of savanna ecosystems. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 3, n. 3, p. 293-300, Sept. 1992.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. New York: WH Freeman, 1994. 887 p.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um trecho de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, mar./abr. 2003.

SWAINE, M. D. Population dynamics of tree species in tropical forests. In: HOLM-NIELSEN, L. B.; NIELSEN, I. C.; BALSLEV, H. (Ed.). **Tropical forests**: botanical dynamics, speciation and diversity. London: Academic, 1990. p. 101-110.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 359-366, Nov. 1987.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 358 p.