



LUIZ OTÁVIO RODRIGUES PINTO

**DEFINIÇÃO DO TAMANHO DE UNIDADES AMOSTRAIS
PARA FLORESTAS NATIVAS**

LAVRAS-MG

2019

LUIZ OTÁVIO RODRIGUES PINTO

**DEFINIÇÃO DO TAMANHO DE UNIDADES AMOSTRAIS
PARA FLORESTAS NATIVAS**

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

Prof. Dr. José Márcio de Mello
Orientador

LAVRAS-MG

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pinto, Luiz Otávio Rodrigues.

Definição do tamanho de unidades amostrais para floresta
nativas / Luiz Otávio Rodrigues Pinto. - 2019.

72 p. : il.

Orientador(a): José Márcio de Mello.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Parcela. 2. Inventário Florestal. 3. Carbono. I. Mello, José
Márcio de. II. Título.

LUIZ OTÁVIO RODRIGUES PINTO

**DEFINIÇÃO DO TAMANHO DE UNIDADES AMOSTRAIS
PARA FLORESTAS NATIVAS**

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

Aprovada em 21 de fevereiro de 2019.

Dr. José Márcio de Mello UFLA

Dr. Natalino Calegário UFLA

Dra. Adriana Leandra de Assis UFMG

Prof. Dr. José Márcio de Mello
Orientador

LAVRAS-MG

2019

*Primeiramente a Deus, responsável pela minha
existência e por tornar tudo possível.
Aos meus pais, Roberto e Maria Aparecida; ao meu
irmão Betinho e a minha namorada Ana Luíza, que
sempre se fizeram presentes, com muito amor, apoio e
cumplicidade; ao professor José Márcio, pela valiosa
orientação e confiança; aos queridos amigos.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida, o real motivo para estar aqui e por todos os momentos em que me amparou durante a realização do trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por meio do Departamento de Ciências Florestais (DCF) e Laboratório de Estudos e Pesquisa em Manejo Florestal (LEMAF), pela disponibilidade e por oportunizar a realização do mestrado, contribuindo de forma contumaz no meu aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao orientador professor José Márcio de Mello, pela amizade, compreensão, apoio e incentivo durante a realização dos trabalhos e por partilhar, com maestria, o conhecimento.

A todos os professores do PPGEF da UFLA, pela eficiência no repasse dos conhecimentos, pela boa convivência e auxílio sempre que se fez necessário e, sobretudo, por aguçar em mim a vontade de ser um pesquisador.

Aos membros da banca de qualificação Fausto Weimar Arcebi Júnior, Marcelo Silva de Oliveira e Marcela de Castro Nunes Santos Terra, à banca examinadora José Márcio de Mello, Natalino Calegário e Adriana Leandra de Assis, pela valiosa contribuição na realização desse trabalho.

A todos os colegas da turma de mestrado e doutorado do PPGEF e aos colegas da graduação da UFLA e da UFMG, pelo convívio e parceria durante os estudos. Em especial ao Cléber, Talles, Rafael, Guilherme, Daniel, Luís Gustavo, Natielle e Kelly.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Roberto e ao meu irmão Betinho, pelo incansável apoio em todos os momentos, sei que se orgulham das minhas conquistas.

À minha namorada Ana Luíza, pelo apoio imensurável, compreensão, carinho e amor todos esses anos juntos e por sempre nos fortalecer, apesar da distância.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos familiares e amigos, pela compreensão, pelos momentos de descontração durante os estudos. Em especial ao Alisson, pela irmandade desde a graduação e aos amigos de Curvelo: Diego, Mateus, Danilo e Alefe.

Muito Obrigado!

“Todo mundo aprende melhor quando há possibilidade de ensinar alguém. E todo mundo ensina melhor quando há a chance de também aprender.”

Mario Sérgio Cortella

RESUMO

Os inventários florestais permitem conhecer a estrutura ecológica da floresta e fornecem importantes informações para as atividades florestais, como volumetria, florística e biomassa. Uma etapa relevante na execução do inventário é a definição do tamanho das parcelas. Quando se trata de levantamentos florestais de vegetações nativas, a forma, o tamanho e o intervalo entre as unidades amostrais são uma grande dúvida. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi estimar o tamanho ótimo de parcelas para inventário em quatro fitofisionomias: Cerrado sensu stricto, Cerradão, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual, baseado nas variáveis área basal e carbono, observando o comportamento florístico-estrutural e resultados do inventário. Foram utilizados dados do Inventário Florestal de Minas Gerais, com parcelas de áreas variando de 100 a 2000m². Para avaliação das estimativas utilizou-se as variáveis área basal e carbono. As estimativas do tamanho ótimo de parcelas basearam-se em quatro diferentes metodologias: a Lei Empírica de Smith, Máxima Curvatura Modificada, Método do Quociente de Razão e Modelo Linear Segmentado com resposta em platô. Todos os métodos avaliados apresentaram estimativas aceitáveis de tamanho de parcela para inventário em florestas nativas. Quando avaliados os diferentes tamanhos de parcelas definidos pelos métodos, os padrões estruturais e a similaridade florística apresentaram-se semelhantes. Baseado no processamento do inventário e nas relações ecológicas, a definição do tamanho da área da parcela foi por meio da biomassa. Definiu-se 600m² para F.E. Decidual, Cerrado e Cerradão e 1000m² para F.E. Semidecidual. Diante disso, esta pesquisa conseguiu agregar informações precisas do tamanho ótimo de parcelas, contribuindo com a otimização de recursos financeiros e tempo despendido em trabalhos de campo.

Palavras-chave: Parcela. Inventário Florestal. Carbono. Área Basal. Cerrado. F.E. Decidual. F.E. Semidecidual.

ABSTRACT

The forest inventories allow to know the ecological structure of the forest and provide important information for forestry activities, such as volumetric, floristic and biomass. A relevant stage in the execution of the inventory is the definition of the sample unit size. In dealing with forest surveys of native vegetation, the shape, size, and interval between sample units are a big question. In this context, the objective of this work was to estimate the optimum size of plots for the inventory in four phytophysiognomies, Cerrado sensu stricto, Cerradão, Deciduous Mesophytic Forest and Semideciduous Mesophytic Forest, based on basal area and carbon stock, taking into account the behavior of floristic structure and inventory results. Data from the Forest Inventory of Minas Gerais were used, with plot areas ranging from 100 to 2000m². For the evaluation of the estimates, the variables basal area and above ground biomass (carbon stock) were used. The estimates of the optimal plot size were based on four different methodologies, according to Smith's Empirical Law, Modified Maximum Curvature, Reason Quotient Method and Segmented Linear Model with plateau response. All evaluated methods presented good estimates of plot size for native forest inventory. When evaluated the different sizes of plots defined by the methods, the structural standards and floristic similarity were similar. Based on the inventory processing and ecological relationships, the definition of sample unit size was based on biomass. It was defined 600m² for Deciduous Mesophytic Forest, Cerrado and Cerradão and 1000m² for Semideciduous Mesophytic Forest. Thus this research was able to aggregate accurate information on the optimal size of plots, contributing to the optimization of financial resources and time spent in fieldwork.

Keywords: Great plot size. Sampling Unit. Forest Inventory. Carbon Stock. Basal Area.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 Comportamento da curva do coeficiente de variação com a área da parcela.....	24
Figura 3.1 Localização dos fragmentos estudados.	28
Figura 3.2 Modelo de bloco, parcelas e subparcelas utilizadas.....	29
Figura 4.1 Tendência do coeficiente de variação (CV%) em função do tamanho da área de parcelas nas fitofisionomias estudadas.	42
Figura 4.2 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono na Floresta Estacional Decidual.	45
Figura 4.3 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono na Floresta Estacional Semidecidual.....	47
Figura 4.4 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono no Cerrado <i>sensu stricto</i>	50
Figura 4.5 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono no Cerradão.	52
Figura 4.6 Média e intervalo de confiança do processamento de parcelas de 1000 m ² e de tamanho ótimo estimado pelos quatro métodos avaliados.....	55
Figura 4.7 Similaridade florística dos diferentes tamanhos de parcelas nas quatro fitofisionomias avaliadas.....	59
Figura 4.8 Padrões Fitossociológicos das quatro fitofisionomias avaliadas.	60
Figura A. 1 Mapa de declividade da Floresta Estacional Decidual.....	69
Figura A. 2 Mapa de declividade do Cerrado <i>sensu stricto</i>	69
Figura A. 3 Mapa de declividade do Cerradão.....	70
Figura A. 4 Mapa de declividade da Floresta estacional Semidecidual.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Tamanho, forma e número de parcelas em diferentes fitofisionomias.....	21
Tabela 3.1 Tamanho, forma e número de parcelas para as quatro fitofisionomias.	29
Tabela 4.1 Estatísticas da variável Área Basal nos diferentes tamanhos e formas de parcelas para as fitofisionomias avaliadas.	38
Tabela 4.2 Estatísticas da variável Estoque de Carbono nos diferentes tamanhos e formas de parcelas para as fitofisionomias avaliadas.	39
Tabela 4.3 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual ($S_{yx}\%$) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Floresta Estacional Decidual.....	43
Tabela 4.4 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Floresta Estacional Decidual.	44
Tabela 4.5 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual ($S_{yx}\%$) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Floresta Estacional Semidecidual.	46
Tabela 4.6 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Floresta Estacional Semidecidual.	46
Tabela 4.7 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual ($S_{yx}\%$) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Cerrado <i>sensu stricto</i>	48
Tabela 4.8 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Cerrado <i>sensu stricto</i>	49
Tabela 4.9 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx})	

), erro padrão residual percentual (S_{yx} %) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Cerradão.	50
Tabela 4.10 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Cerrado <i>sensu stricto</i>	51
Tabela 4.11 Estimativas de tamanho ótimo de parcela para as quatro metodologias avaliadas nas respectivas fitofisionomias.	53
Tabela 4.12 Comparação entre o erro do inventário florestal com parcelas de 1000 m ² com tamanhos de parcelas estimados pelas diferentes metodologias.	56
Tabela 4.13 Principais resultados da análise fitossociológica, densidade de árvores, área basal, riqueza, Índice de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou.	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Florestas Nativas	17
2.1.1 Estoque de Carbono.....	18
2.2 Tamanho de parcela.....	19
2.3 Métodos para definição de tamanho ótimo de parcela	22
2.3.1 Lei Empírica de Smith (1938)	23
2.3.2 Máxima Curvatura Modificado (MCM).....	23
2.3.3 Método do Quociente de Razão (QR)	24
2.3.4 Modelo Linear Segmentado com Resposta em Platô (MLSRP)	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Descrição das áreas de estudos.....	27
3.2 Parcelas experimentais	28
3.3 Base de dados e variáveis avaliadas	30
3.4 Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcela.....	31
3.4.1 Método da lei empírica de Smith (1938) modificado.....	31
3.4.2 Método da Máxima Curvatura Modificado (MCM).....	32
3.4.3 Método do Quociente de Razão (QR)	32
3.4.4 Método do modelo linear segmentado com resposta platô (MLSRP).....	33
3.5 Processamento do Inventário Florestal.....	35
3.6 Impacto do tamanho de parcela nos parâmetros fitossociológicos.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Estatísticas descritivas dos dados	37
4.2 Definição do tamanho ótimo de unidades amostrais	43
4.2.1 Floresta Estacional Decidual	43
4.2.2 Floresta Estacional Semidecidual.....	45
4.2.3 Cerrado sensu stricto	48
4.2.4 Cerradão.....	50

4.3	Análise crítica dos métodos.....	52
4.4	Processamento do Inventário Florestal.....	55
4.5	Fitossociologia.....	57
5.	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – Mapas de declividades dos fragmentos avaliados.....	69
	APÊNDICE B – Pseudocódigo do processamento em R.....	71

1. INTRODUÇÃO

Os levantamentos florestais são práticas importantes de serem realizadas em florestas, pois permitem conhecer a estrutura ecológica da mesma, fornecendo informações relevantes para manejo sustentável, planejamento florestal e regularização ambiental. Além disso, já é perceptível o crescimento da tendência de pagamentos de serviços ambientais com o intuito de estimular a proteção de áreas verdes, como por exemplo, por meio de estoque de carbono.

Em sua maioria os levantamentos florestais são baseados nos princípios da teoria de amostragem e fazendo uso de unidades amostrais (parcelas). No planejamento dos levantamentos florestais, as características relacionadas às parcelas, como tamanho e forma, são definidas conforme a variabilidade da floresta, rendimento (tempo), custos (PÉLLICO NETTO; TELLO; WANDRESEN, 2014), estrutura da comunidade e composição florística.

A definição do tamanho de parcelas, na maioria das vezes é realizada com base na experiência do profissional e com base nos tamanhos tradicionais empregados nos inventários florestais. Há estudos empíricos como Oliveira et al. (2011) e Silva et al. (2003), buscando reduzir a variabilidade e obter estimativas precisas e com menor custo. Observa-se comumente o uso de parcelas de 1000m² em inventário de florestas no bioma cerrado como observado em IBGE (2012), Oliveira et al. (2015) avaliando a composição florística e estrutura de um cerrado e Sampaio et al. (2018) avaliando a fitossociologia do cerrado. Quando se trata da floresta Amazônica, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) utiliza parcelas maiores, com área mínima de 2000m².

A lei empírica de Smith (1938) estabelece relação entre o tamanho da parcela e o desvio padrão, dando ideia de que o aumento do tamanho da parcela é proporcional a um menor desvio padrão, conseqüentemente um menor coeficiente de variação. O aumento do tamanho da parcela em função do coeficiente de variação faz com que a curva expresse o comportamento exponencial negativo, chegando a um tamanho de parcela em que não ocorrem bruscas reduções do CV.

Santos et al. (2011) afirmam que o tamanho das parcelas para o inventário florestal é definido de acordo com o objetivo do levantamento florestal. Em florestas nativas, o tamanho das parcelas é definido principalmente com a experiência do profissional e de acordo com a literatura técnica pertinente à amostragem. Quando os levantamentos florestais se referem a vegetações nativas, Roveda et al. (2016) afirmam que a forma, o tamanho e o intervalo entre as unidades amostrais são uma grande dúvida, necessitando estudos que abordem esse cenário.

Os levantamentos/inventários florestais têm como objetivo básico efetuar estimativas da característica de interesse que está sendo avaliada. É possível perceber forte influência da forma, do tamanho e da intensidade amostral em estudos envolvendo estimativas de características em povoamentos florestais, principalmente quando estudado vegetações nativas. O aumento do tamanho de unidades amostrais, em se tratando de vegetação com alta variabilidade, é uma alternativa bastante promissora, quando comparada com o aumento do número de parcelas. Segundo Zhang, Warrick e Myers (1994), a variabilidade tende a diminuir com o aumento do tamanho da parcela, bem como o tamanho da parcela é influenciado pela heterogeneidade da área, podendo expressar de maneira diferente em outras regiões (LIN; MORRISON; BINN, 1996).

Observa-se constantemente um problema na experimentação florestal que é a escolha do tamanho, forma, dimensão de parcelas e suficiência amostral, tanto para levantamentos florestais, pesquisas e manejo florestal, aumentando essa dúvida ainda mais quando se trata de florestas nativas. Diante disso, constata-se a importância de mais estudos para definir o tamanho das unidades amostrais em levantamentos florestais de vegetação nativa. O erro amostral, a diversidade ecológica, o custo e a eficiência da amostragem, dependem fortemente do tamanho ideal de parcelas. Assim, neste trabalho, objetivou-se estimar o tamanho ótimo de parcelas para as características área basal, carbono e parâmetros florístico-estruturais em quatro fitofisionomias do estado de Minas Gerais. Pretende-se:

- Avaliar e estimar por quatro metodologias diferentes o tamanho ótimo de parcelas em quatro fitofisionomias, baseado no coeficiente de variação das variáveis área basal e carbono.
- Correlacionar o erro amostral do inventário com parcelas de 1000m² com o erro amostral do inventário com parcelas de tamanho ótimo estimado neste estudo.
- Correlacionar a florística estrutural da comunidade com parcelas de 1000m² com a florística estrutural da comunidade com parcelas de tamanho ótimo estimado neste estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico retrata uma revisão de literatura geral, abordando a importância das florestas nativas, tamanho ótimo de parcelas para levantamentos florestais e finalizando com explicação de algumas metodologias utilizadas na literatura para definição do tamanho ótimo de parcelas.

2.1 Florestas Nativas

O Brasil detém uma das biodiversidades mais ricas do mundo, com as maiores florestas tropicais e reservatórios de água. A vegetação brasileira é classificada em seis domínios, Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Algumas pesquisas afirmam que a Mata Atlântica é um dos domínios mais antropizado (RIBEIRO et al., 2009). A Amazônia corresponde a aproximadamente 49% do território brasileiro, seguido do Cerrado com aproximadamente 24%, Mata Atlântica com 13%, Caatinga com 10%, Pampa e Pantanal com 2% cada. Scarano e Ceotto (2015) descrevem que o desequilíbrio encontrado nesse domínio pode estar atrelado ao desenvolvimento de regiões com grandes centros urbanos e industriais, bem como, regiões de alto potencial de atividades agrícolas. As florestas nativas brasileiras têm sido muitas vezes alvo da exploração predatória, sem estudos prévios e sem princípios e práticas do manejo florestal sustentável, como observado o sistema de corte raso utilizado na exploração do cerrado (BARREIRA et al., 2000).

Para o melhor conhecimento da biodiversidade desses domínios, é constante a necessidade de novos levantamentos e estudos florísticos e fitossociológicos, proporcionando conhecer a biomassa e carbono das florestas, espécies e suas propriedades funcionais, bem como características da madeira (FAUSET et al., 2015; POORTER et al., 2015; VELAZCO et al., 2015). Cavanaugh et al. (2014) relatam a importância de entender a relação do estoque de carbono e os estudos florísticos, podendo ser utilizados como base para políticas conservacionistas de preservação ambiental e redução da emissão de gás carbônico.

As florestas nativas desempenham importante papel na preservação da biodiversidade e proteção do solo e dos recursos hídricos. Com os extensos desmatamentos sofridos, a maioria das vegetações naturais ocorre como fragmentos florestais isolados (SKORUPA et al., 2012). Alguns estudos constataam que a maior parte da biodiversidade florestal está presente nos pequenos fragmentos florestais, o que justifica o aumento dos estudos em vegetações nativas

com intuito de conservação e de obter o melhor entendimento do seu comportamento. A maioria dos remanescentes florestais existentes está inserida entre campos agrícolas e fragmentos florestais em vários estágios de sucessão (QUESADA et al., 2009).

2.1.1 Estoque de Carbono

A capacidade das florestas de absorver carbono da atmosfera constitui um serviço ambiental responsável por ajudar a regular as condições ambientais, promovendo a mitigação das mudanças ocasionadas pelo efeito estufa, principalmente pelo CO₂. As plantas contribuem para diminuir o impacto do efeito estufa, absorvendo carbono do CO₂ atmosférico, através da fotossíntese (BRASIL, 2011). Segundo Azevedo et al. (2018) devido ao processo da fotossíntese, as florestas atuam como “sumidouro de carbono”, o que justifica a importância da preservação e restauração dos ecossistemas florestais, proporcionando o aumento do sequestro e estoque de carbono. Além disso, a restauração contribui para conservação da biodiversidade, devido à grande diversidade de espécies no Brasil, o seu endemismo e a grande quantidade de espécies ameaçadas de extinção (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

A preservação florestal foi adotada como uma medida para minimizar e amenizar os impactos do forte agravamento do aquecimento global nos últimos anos, ocasionado pela elevada emissão dos gases de efeito estufa (GEE). De acordo com Rodríguez (2015) projetos voltados para a preservação das florestas, com aplicação de práticas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, contribuem para absorção e armazenamento do dióxido de carbono (CO₂). Segundo Amaro et al. (2013), além de práticas de manejo florestal, a valorização da floresta por meio da obtenção de créditos de carbono é uma alternativa promissora para diminuição do desmatamento.

As florestas armazenam carbono no tronco, raiz, folhas e no solo, além disso, desempenham importante função para o equilíbrio do carbono global (PAN et al., 2011). Baccini et al. (2012) afirmam que as florestas ao serem derrubadas, liberam para a atmosfera a maior parte do seu carbono estocado, tornando uma fonte significativa de CO₂. O desmatamento contribui com parte das emissões antropogênicas de CO₂, Houghton, Byers e Nassikas (2015) afirmam que essa contribuição está entre 8 a 15%. A estimativa do estoque de carbono das florestas é baseada no estoque de biomassa acima do solo (AGB – Above Ground Biomass), onde dados biométricos obtidos de inventários florestais são convertidos em valores de biomassa através de um modelo alométrico empírico (BROWN, 1997). Chave et al. (2005)

descreve a importância da medição da altura para estimativa do estoque de AGB, destacando que a sua utilização pode inferir em estimativas menos enviesadas. Devido à dificuldade em mensurar a altura de árvores, principalmente em vegetações nativas é constante estimá-las sem englobar altura.

O trabalho de Chave et al. (2014) apresenta uma nova forma de estimativa de AGB, onde avaliou dois modelos pantropicais, um baseado no DAP, altura total e densidade da madeira, outro que substituiu a altura total por uma variável ambiental associada a coordenadas da área avaliada. Concluíram que informação sobre a densidade da madeira, DAP e a variável ambiental são aceitáveis para fornecer uma estimativa de AGB de maneira robusta, isso comparado com o modelo que englobou a variável altura. Os autores ainda ressaltam que embora o modelo que engloba a variável ambiental apresente uma melhoria em relação aos modelos alométricos, anteriormente publicados, deve ser utilizado com precauções, principalmente quando a estrutura da floresta é afetada por algumas particularidades, como por exemplo, baixa estatura da vegetação nos trópicos é ocasionada pelo tipo de solo e não pelo clima onde estão inseridas.

É essencial o conhecimento da quantidade de carbono na madeira para realizar a conversão do AGB em estoque de carbono das florestas. De maneira genérica, observa-se a utilização em larga escala de uma taxa de conversão composta por 50% de AGB, podendo ser observado nos trabalhos de Blanc et al. (2009), Chave et al. (2008), Lewis et al. (2009), Pyle et al. (2008) e Saatchi et al. (2011). No entanto, pesquisas recentes mostram que pode estar ocorrendo super e/ou subestimativa do estoque de carbono, quando considerado 50% (MARTIN; THOMAS, 2011; THOMAS; MARTIN, 2012). Thomas e Martin (2012) descrevem o teor médio de carbono para diferentes florestas no mundo. Definindo para florestas tropicais teor de carbono de 47,1 % ($\pm 0,4$) para espécies de angiospermas e 49,3 % para espécies de coníferas.

2.2 Tamanho de parcela

Os levantamentos florestais ou inventários florestais são utilizados com intuito de avaliação, diagnóstico e reconhecimento dos recursos florestais. A maioria dos inventários florestais é realizada fazendo uso de técnicas de amostragem, o que possibilita realizar estimativas e conhecer o potencial produtivo da floresta, a diversidade de espécies que ocorrem, densidade populacional, bem como conhecer o estoque de carbono e avaliar a capacidade de

manter o equilíbrio ambiental. A finalidade do inventário florestal é gerar informações de boa precisão e com menores custos sobre a produção florestal, obtendo informações qualitativas e quantitativas principalmente do estoque de madeira da floresta através de técnicas de coleta de dados dos recursos florestais (CUNHA, 2004; DINIZ, 2007; MORAIS FILHO et al., 2003; SCOLFORO; MELLO, 2006).

Existem diferentes metodologias empregadas no inventário florestal, sendo as mais usadas aquelas que se baseiam nos procedimentos de amostragem e em alguns casos a enumeração completa ou censo florestal (RUFINO et al., 2006). A amostragem de uma população em estudo deve apresentar características semelhantes quando comparadas à população que pertencem.

A maioria dos trabalhos de mensuração florestal é feita com uso de parcelas (unidades amostrais). A partir de uma amostra, ou seja, um conjunto de parcelas, as variáveis de interesse (qualitativas e/ou quantitativas) são mensuradas (FICK, 2011; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). A definição do tamanho da parcela deve atentar sobre alguns fatores importantes como o tamanho da população alvo, características relacionadas ao terreno, erro de amostragem admissível (precisão desejada), objetivo do levantamento e recursos disponíveis, tanto tecnológicos quanto financeiros (DIAS, 2014; OLIVEIRA; ESTEFANEL, 1995; VALLEJO; MENDOZA, 1992; VIANA et al., 2002).

No contexto florestal, a definição do tamanho das parcelas surge como problema na experimentação florestal, no que diz respeito ao desenvolvimento de pesquisas, inventários e principalmente para o manejo de florestas nativas. A definição bem realizada do tamanho da parcela pode influenciar em menor variabilidade entre unidades amostrais e, conseqüentemente, melhores precisões (MUNIZ et al., 2009).

Na maioria dos trabalhos com objetivo de definir o tamanho ótimo de parcelas, observa-se constantemente o mesmo comportamento, onde o coeficiente de variação diminui em função do aumento do tamanho da parcela (DIAS, 2014; MUNIZ et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011; PÉLLICO NETTO; TELLO; WANDRESEN, 2014; SILVA, 2014). De acordo com a lei empírica de Smith (1938) esse comportamento é devido à correlação entre as parcelas vizinhas. O comportamento é descrito como uma função exponencial negativa, onde ocorre uma grande redução do coeficiente de variação com pouco aumento do tamanho da parcela, alcançando um tamanho ótimo satisfatório em que a função estabiliza. A partir deste ponto não há ganhos importantes na precisão com o aumento da área da parcela.

Trabalhos com intuito de estimar tamanho ótimo de parcela buscam principalmente reduzir a variabilidade, melhorando a precisão e, conseqüentemente, reduzindo o erro amostral. Schreuder, Gregoire e Wood (1993) afirmam que uma parcela deve ter um tamanho suficiente para conter um número representativo de árvores e que seja pequeno o suficiente para que a razão entre o tempo de estabelecimento versus o tempo de trabalho na coleta de dados não seja alta, o que oneraria os custos do inventário. Alguns autores, como Scolforo e Mello (2006), afirmam que determinar o tamanho da unidade amostral e sua suficiência em florestas nativas é um grande desafio, visando representar a variabilidade da população de forma precisa.

Quando se trata de vegetação nativa encontram-se na literatura vários trabalhos de levantamentos florestais com diferentes tamanhos de parcelas dentro de uma mesma fitofisionomia. A Tabela 2.1 contém diferentes tamanhos de parcelas encontrados na literatura.

Tabela 2.1 Tamanho, forma e número de parcelas em diferentes fitofisionomias.

Vegetação	Área (m²)	Dimensões (m x m)	Int. Amostral	Local	Autor
Tropicais	10000	-	-	-	IBGE (2012)
Decidual	400	20 x 20	25	Monte Alegre – GO	Nascimento, Felfili e Meirelles (2004)
Decidual	400	20 x 20	13	Montes Claros – MG	Gonzaga et al. (2017)
Decidual	1000	10 x 100	-	Minas Gerais	Scolforo et al. (2006)
Cerrado*	500	10 x 50	55	Cariri – TO	Oliveira et al. (2018)
Cerrado*	1000	-	80	MA e PI	Sampaio et al. (2018)
Cerrado*	1000	20 x 50	20	Jaborandi-BA	Oliveira et al. (2015)
Cerrado*	1800	30 x 60	30	Brasilândia-MG	Barreira et al. (2000)
Cerrado*	1000	10 x 100	-	Minas Gerais	Scolforo et al. (2006)
Cerradão	200	10 x 20	-	MA	Moraes, Cordeiro e Figueiredo (2018)
Cerradão	1000	10 x 100	-	Minas Gerais	Scolforo et al. (2006)
Semidecidual	400	20 x 20	05	Itutinga – MG	Silva et al. (2018)
Semidecidual	1000	10 x 100	-	Minas Gerais	Scolforo et al. (2006)
Amazônica	2500	-	-	Amazônia (INPA)	Oliveira et al. (2014)

Em que: * Cerrado *sensu stricto*.

Fonte: Do autor (2019).

2.3 Métodos para definição de tamanho ótimo de parcela

Existem na literatura alguns métodos utilizados para definição do tamanho ótimo de parcela, observando os mais variados resultados, cabendo ao pesquisador definir o método que mais se adequa a sua realidade, satisfazendo os critérios estatísticos, bem como os critérios operacionais e silviculturais (DIAS, 2014).

O trabalho apresentado por Smith (1938) é considerado um dos primeiros e precursores de outros métodos na literatura. Observa-se o coeficiente de variação em relação ao aumento do tamanho da parcela. Percebe-se que não resulta em um comportamento linear decrescente, e sim exponencial negativa, onde inicialmente apresentam grande redução do coeficiente de variação com pequenos aumentos de tamanho de parcela até atingir um tamanho ótimo a partir do qual não ocorre ganho em precisão.

Na literatura, são encontrados inúmeros trabalhos que determinam o tamanho ótimo de parcela para espécies agrícolas e que, segundo Dias (2014), as mesmas metodologias podem ser aplicadas para espécies florestais. Atualmente, observam-se alguns trabalhos buscando estimar o tamanho de parcelas para inventário florestal.

Scolforo e Mello (2006) descrevem que para cerrado a área das parcelas é preferível de 1000m² podendo variar entre 600 e 1000m², enquanto para F.E. Deciduais e F.E. Semideciduais deve-se utilizar parcelas de 1000m². Os autores ainda afirmam a possibilidade de utilizar outros tamanhos de parcela ideais, dependendo da estrutura da floresta, bem como a definição dos estoques presentes, estoques de regeneração, de crescimento e de exploração.

Oliveira e Estefanel (1995) afirmam que o tamanho ótimo de parcela não pode ser generalizado, devido à variabilidade da floresta está associada a vários fatores como o solo, o sítio, condições climáticas entre outras. Estimando o tamanho ótimo para cada situação em que está atribuída a floresta. Scolforo e Mello (2006) ainda reiteram que não há uniformidade para o tamanho ótimo de parcelas, uma vez que é afetado pela precisão desejada, objetivo do levantamento, orçamento, dentre outros.

Higuchi, Santos e Jardim (1982) dizem que a redução do tamanho de parcelas para inventários florestais proporciona vantagem, onde naturalmente quanto menor for o tamanho da parcela, menor será a tendência de cometer erros não amostrais.

2.3.1 Lei Empírica de Smith (1938)

A lei empírica de Smith (1938), que estabelece uma relação entre o desvio padrão e a área da parcela, foi o método precursor de vários métodos de determinação do tamanho de parcela. Observam-se inúmeros trabalhos que corroboram com a teoria de Smith, onde o coeficiente de variação decresce com o aumento da área das parcelas (MUNIZ et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011; PARANAIBA; MORAIS; FERREIRA, 2009a; PÉLLICO NETTO; TELLO; WANDRESEN, 2014; SILVA et al., 2003). Comportamento este esperado pela lei empírica, devido à correlação existente entre as parcelas vizinhas, onde o aumento do tamanho da parcela tem efeito direto no desvio padrão da variável avaliada.

O padrão observado na experimentação pode ser estendido para os levantamentos florestais. Do ponto de vista de custos, parcelas maiores geram menores custos nos levantamentos em função da concentração de trabalho numa determinada área. Parcelas menores reduzem fortemente a eficiência do levantamento, uma vez que se aumentam os custos com o deslocamento entre unidades amostrais (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

A aplicação da lei empírica de Smith (1938) é constantemente observada em culturas agrícolas, como observado nos trabalhos de Storck et al. (2010) avaliando o tamanho ótimo para a cultura do milho e Oliveira et al. (2006) na avaliação da relação do coeficiente de variação das parcelas de uma cova e do índice de heterogeneidade do solo com tamanho ótimo de parcelas para a cultura da batata. No meio florestal, Péllico Netto, Tello e Wandresen (2014) buscaram definir um tamanho ótimo para vários tipos de inventários florestais, baseado na lei empírica de Smith (1938), custos e tempo de levantamento em florestas nativas e plantadas, onde a simulação utilizada na integração das variáveis avaliadas obteve a otimização.

2.3.2 Máxima Curvatura Modificado (MCM)

O método da máxima curvatura modificado é um dos mais utilizados na estimativa do tamanho ótimo de parcela (SILVA et al., 2003). A máxima curvatura foi proposta por Lessman e Atkins (1963), onde estabeleceram uma função que descreve o comportamento da curva entre o coeficiente de variação e o tamanho de parcela.

Esse método proposto permitiu obter o tamanho ótimo da parcela de maneira algébrica, determinando o ponto de máximo da curva gerada pelo modelo. O ponto de máxima curvatura assim é considerado como o tamanho ótimo de parcela. Os coeficientes do modelo podem ser

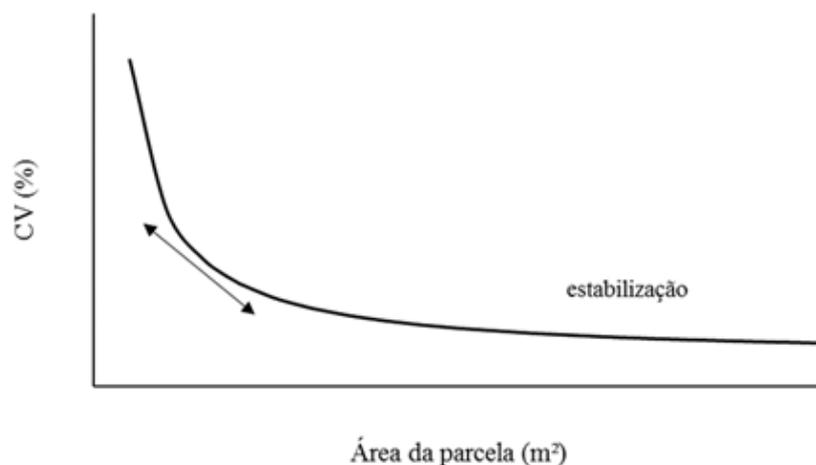
obtidos por ajuste de regressão não linear, pelo método dos mínimos quadrados ordinários para modelos não-lineares de Gauss-Newton.

Alguns autores afirmam que a maneira com que o método da MCM foi concebido, pode apresentar o inconveniente de subestimar o tamanho da parcela, uma vez que o tamanho ótimo é definido pelo ponto de máxima curvatura do modelo, não correspondendo com o ponto de estabilização do coeficiente de variação, em que pequeno aumento da área da parcela pode acarretar em redução da variabilidade (HENRIQUES NETO et al., 2004; PARANAIBA; MORAIS; FERREIRA, 2009a; SILVA et al., 2003).

2.3.3 Método do Quociente de Razão (QR)

De acordo com Scolforo e Mello (2006) o método do quociente de razão é uma maneira simples para definir o tamanho ótimo da parcela. O princípio de razão possibilita indicar a estabilização descendente da curva coeficiente de variação – área. O ponto de estabilização indica que o aumento da área da parcela não acarreta forte redução do coeficiente de variação, correspondendo o tamanho ótimo da parcela. A razão é obtida pela divisão do coeficiente de variação médio do i -ésimo tamanho de parcela pelo coeficiente de variação do i -ésimo menos um. A Figura 2.1 representa o comportamento do coeficiente de variação em função do aumento da área da parcela, indicando um ponto de estabilização do coeficiente de variação (CV).

Figura 2.1 Comportamento da curva do coeficiente de variação com a área da parcela.



Fonte: Do autor (2019).

A aplicação do método pode ser avaliada no trabalho de Barreira (1999) para definir o tamanho ótimo de parcela baseado no número de espécies em função do tamanho da parcela, onde a curva apresentou comportamento ascendente até um ponto de estabilização e Scolforo, Chaves e Mello (1993) definindo tamanho ótimo de parcela para inventário florestal em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana de 2300m² (20 x 115m).

2.3.4 Modelo Linear Segmentado com Resposta em Platô (MLSRP)

Os primeiros trabalhos com modelo linear de platô foram em ensaios de aplicação de nutrientes (ANDERSON; NELSON, 1975). Percebe-se frequentemente em estudos envolvendo estimação de tamanho ótimo de parcelas o uso de modelo linear segmentado com platô, apresentado no trabalho de Gama et al. (2001), Oliveira et al. (2011), Paranaíba, Morais e Ferreira (2009) e Silva et al. (2007). Esses autores corroboram que essa metodologia se mostrou adequada para estimativa do tamanho ótimo de parcelas, obtendo resultados satisfatórios comparados com outras pesquisas.

Segundo Draper e Smith (1998) o MLSRP é classificado como uma regressão linear segmentada obtida para avaliar métodos que apresentem comportamento descontínuo. O modelo apresenta dois segmentos de reta. A partir do coeficiente de regressão determina-se o comportamento da reta, podendo ser crescente ou decrescente, até determinada altura P, ponto que a variável Y assume valor constante, o que representa o platô, definindo assim o segundo segmento.

O MLSRP é amplamente utilizado nas mais diversas áreas de estudo, principalmente em estudos que envolvem as culturas agrícolas como o arroz, trigo, mamoeiro, rabanete e mandioca, conforme observado nos trabalhos de Brito et al. (2012) estimando o tamanho ótimo de parcela de mamoeiro via regressão antitônica, em que se avaliaram os métodos da MCM e MLSRP, concluindo que não houve ganhos significativos utilizando a transformação. Paranaíba, Morais e Ferreira (2009), definindo tamanho ótimo de parcela para cultura do trigo e mandioca, avaliaram o MCM e o MLSRP, obtendo bons resultados para as duas metodologias. Peixoto, Faria e Morais (2011) definiram tamanho ótimo para experimentos de conservação in vitro de maracujá, utilizando o MLSRP e o método do modelo de regressão quadrático com platô, encontrando resultados satisfatórios para os dois modelos. Para inventários florestais observa-se o trabalho de Gama et al. (2001) avaliando tamanho de parcelas em floresta da

várzea na Amazônia, Oliveira et al. (2011) definindo o tamanho ótimo de parcelas para candeia (*Eremanthus erythropappus*).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição das áreas de estudos

Os fragmentos florestais avaliados encontram-se no Estado de Minas Gerais (MG), contemplando quatro fitofisionomias diferentes, conforme Figura 3.1.

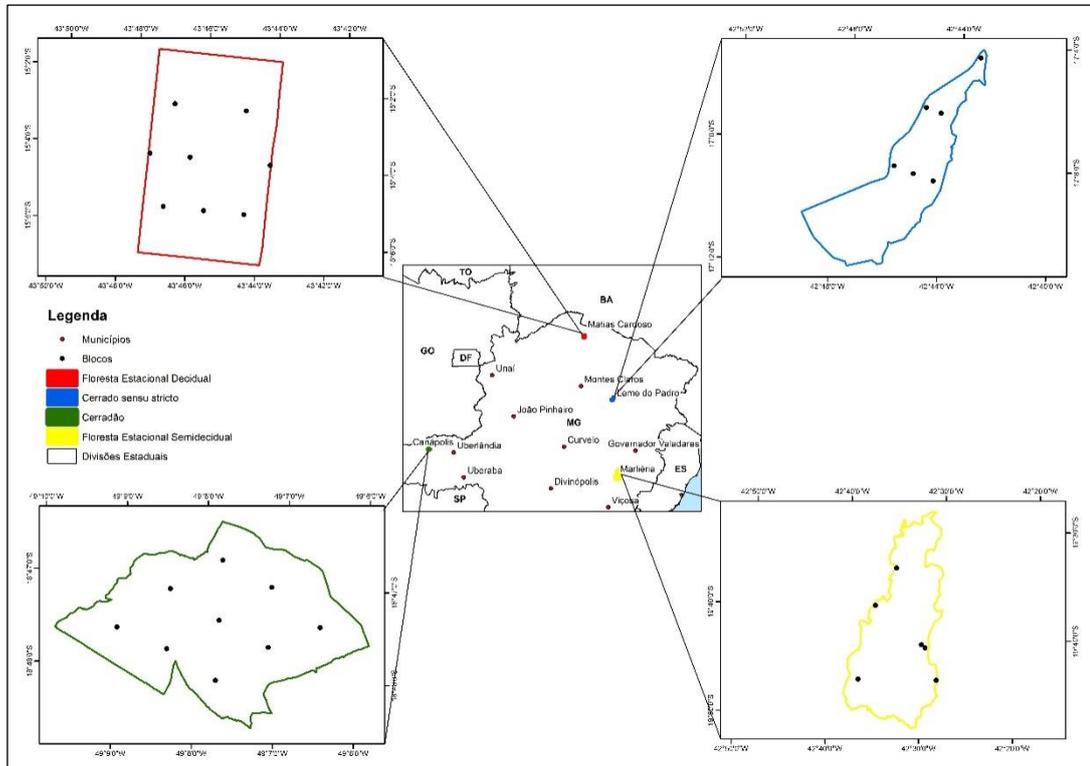
Floresta Estacional Decidual: localizada no município de Matias Cardoso, região norte de Minas Gerais, sob coordenadas geográficas 15°04'04" de latitude sul e 43°43'12" de longitude oeste. Fragmento de 6.324,80 hectares classificado como Floresta Estacional Decidual de acordo com o Scolforo e Carvalho (2008). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado do tipo As (clima tropical com estação seca de verão) (ALVARES et al., 2013).

Cerrado sensu stricto: localizado na mesorregião do Jequitinhonha, município de Leme do Prado-MG, é um fragmento de 4.922,10 hectares, com suas respectivas coordenadas de latitude sul e longitude oeste, 17° 08'35" e 42°45'17". De acordo com Scolforo e Carvalho (2008), é classificado como Cerrado *sensu stricto*, com clima do tipo Cwb de Köppen (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (ALVARES et al., 2013).

Cerradão: fragmento florestal classificado como Cerradão de acordo com Scolforo e Carvalho (2008). Localizado no município de Canápolis-MG, região do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, apresentando área total de 1.446,97 hectares, tendo como coordenadas geográficas 18°47'25" de latitude sul e 49°07'46" de longitude oeste. De acordo com a classificação de Köppen, realizada por Alvares et al. (2013), a região é do tipo Aw (clima tropical com estação seca de inverno).

Floresta Estacional Semidecidual: fragmento florestal localizado no Parque Estadual do Rio Doce, no município de Marliéria-MG, com área total de 39.713,70 hectares e coordenadas geográficas 19°41'51" de latitude sul e 42°30'51" de longitude oeste, classificado de acordo com Scolforo e Carvalho (2008) como Floresta Estacional Semidecidual. O clima da região é caracterizado de acordo com Köppen de Aw (clima tropical com estação seca de inverno) (ALVARES et al., 2013).

Figura 3.1 Localização dos fragmentos estudados.

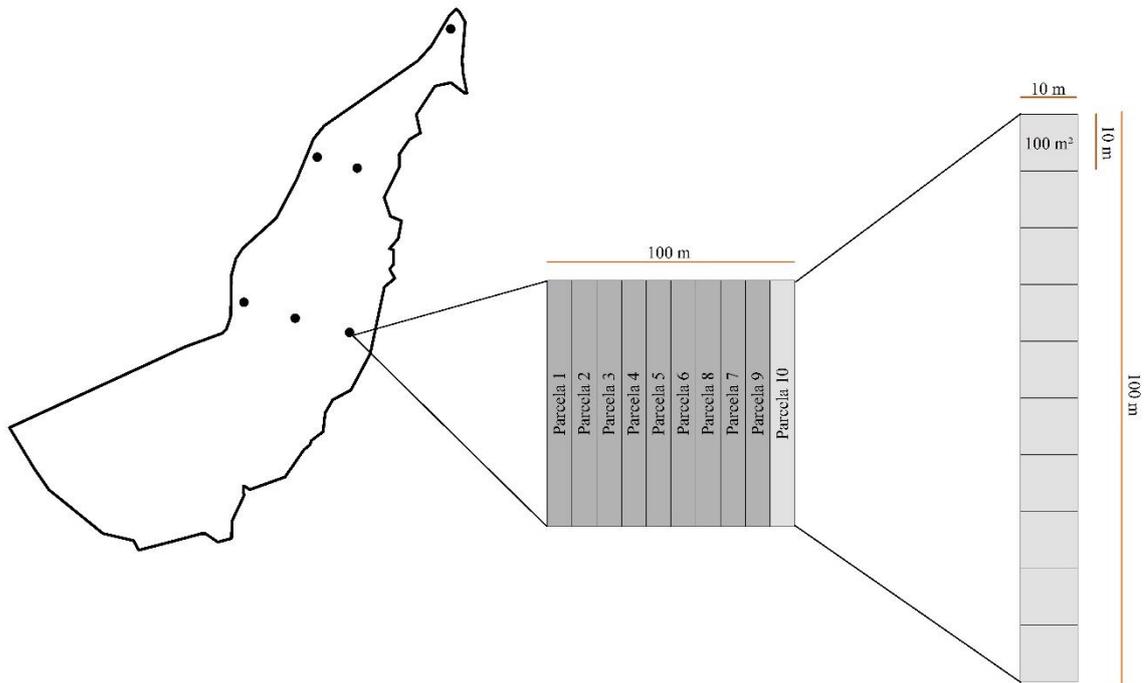


Fonte: Do autor (2019).

3.2 Parcelas experimentais

Realizou-se inventários florestais em todos os fragmentos, fazendo-se o uso de blocos com dez parcelas de 1000m² (10 x 100m). As parcelas foram subdivididas em dez partes de mesmo tamanho 10 x 10m (100m²), possibilitando diferentes combinações de tamanho e forma de parcelas. A Figura 3.2 apresenta o esquema do bloco utilizado, representando as parcelas e subparcelas. Esta forma de bloco foi a mesma para os quatro fragmentos avaliados.

Figura 3.2 Modelo de bloco, parcelas e subparcelas utilizadas.



Fonte: Do autor (2019).

Foram utilizados diferentes números de blocos amostrados por fragmentos, 08 blocos no fragmento de Floresta Estacional Decidual, 06 blocos para Cerrado *sensu stricto* e Floresta Estacional Semidecidual e 09 blocos para Cerradão. Utilizaram-se parcelas retangulares e quadradas, com 16 diferentes tamanhos de áreas, variando de 100m² a 2000m². A Tabela 3.1 apresenta as combinações de parcelas (forma/área) e o número de parcelas avaliadas em cada fitofisionomia. Para o menor tamanho de parcela (100m²), algumas subdivisões da parcela de 1000m² não apresentaram indivíduos, sendo desconsiderada no processamento das parcelas de 100m².

Tabela 3.1 Tamanho, forma e número de parcelas para as quatro fitofisionomias.

Forma	Tamanho (m ² (m x m))	Número de Parcelas			
		F. E. Decidual	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Cerradão	F. E. Semidecidual
Quadradas	100 (10 x 10)	793	600	899	597
Retangulares	200 (10 x 20)	400	300	450	299
Retangulares	300 (10 x 30)	240	180	270	180
Quadradas	400 (20 x 20)	200	150	225	150
Retangulares	400 (10 x 40)	160	120	180	120

Retangulares	500 (10 x 50)	160	120	180	120
Retangulares	600 (10 x 60)	80	60	90	60
Retangulares	600 (20 x 30)	120	90	135	90
Retangulares	700 (10 x 70)	80	60	90	60
Retangulares	800 (10 x 80)	80	60	90	60
Retangulares	800 (20 x 40)	80	60	90	60
Quadradas	900 (30 x 30)	72	54	81	54
Retangulares	900 (10 x 90)	80	60	90	60
Retangulares	1000 (10 x 100)	80	60	90	60
Retangulares	1000 (20 x 50)	80	60	90	60
Retangulares	1.200 (20 x 60)	40	30	45	30
Retangulares	1.200 (30 x 40)	48	36	54	36
Retangulares	1.400 (20 x 70)	40	30	45	30
Retangulares	1.500 (30 x 50)	48	36	54	36
Quadradas	1.600 (40 x 40)	32	24	36	24
Retangulares	1.600 (20 x 80)	40	30	45	30
Retangulares	1.800 (20 x 90)	40	30	45	30
Retangulares	1.800 (30 x 60)	24	18	27	18
Retangulares	2.000 (20 x 100)	40	30	45	30
Retangulares	2.000 (40 x 50)	32	24	36	24

Em que: F.E.= Floresta Estacional.

Fonte: Do autor (2019).

3.3 Base de dados e variáveis avaliadas

Mensurou-se o diâmetro a 1,30 metros de altura do solo (DAP) de todos os indivíduos da parcela que atenderam o critério de inclusão ($DAP \geq 5$ cm). No presente estudo como critério de avaliação, utilizou-se as variáveis área basal e estoque de carbono da parcela. A área basal da parcela foi determinada a partir do somatório da área seccional de todos os indivíduos da unidade amostral, posteriormente calculou-se o coeficiente de variação para cada tamanho de parcela.

O estoque de carbono foi estimado por indivíduo em cada fragmento a partir dos dados de DAP oriundos do inventário florestal e estimativas de densidade básica da madeira por meio da função *getWoodDensity* do pacote BIOMASS (RÉJOU-MÉCHAIN et al., 2017) do *software* R. Calculou a Biomassa Acima do Solo (*Above Ground Biomass* – AGB) em toneladas utilizando a função *computeAGB* do pacote *Biomass* (RÉJOU-MÉCHAIN et al., 2017) do *software* R (R CORE TEAM, 2017), baseado na equação pantropical do trabalho de Chave et al. (2014) (3.1).

$$AGB = \exp(-2,024 - 0,896 * E + 0,920 * \log(WD) + 2,795 * \log(DBH) - 0,0461 * \log(DBH)^2) \quad (3.1)$$

Em que: *AGB* - biomassa acima do solo; exp - exponencial; *E* - medida do estresse ambiental estimado a partir das coordenadas do local; log - logaritmo; *WD* - densidade básica da madeira (g.cm³); *DBH* - diâmetro a altura do peito medido a 1,3m de altura do solo (cm).

Os valores de AGB foram multiplicados por 0.471, constante e proposta por Thomas e Martin (2012), em que segundo os autores corresponde a concentração de carbono presente nos tecidos das angiospermas tropicais. O estoque de carbono da parcela foi calculado pelo somatório do estoque de carbono de cada árvore da parcela, calculando o coeficiente de variação para cada tamanho de parcela.

3.4 Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcela

3.4.1 Método da lei empírica de Smith (1938) modificado

Com base na lei empírica de Smith (1938), para cada tamanho e forma de parcela, em cada fitofisionomia, gerou-se os valores do coeficiente de variação (%). Ajustou-se a equação (3.2) para estimar o CV (%) em função da área da parcela. O processamento dos dados e ajuste da equação foi realizado no software R (R CORE TEAM, 2017). A determinação do tamanho ótimo foi realizada de forma visual, baseada na estabilização da curva do coeficiente de variação em função da área da parcela.

$$\ln(CV_{(\%)}) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{X} \right) \quad (3.2)$$

Em que: $CV_{(\%)}$ é o coeficiente de variação; β_n são os parâmetros do modelo; X área da parcela (m²); ln é o logaritmo neperiano.

3.4.2 Método da Máxima Curvatura Modificado (MCM)

O método da máxima curvatura modificado proposto por Lessman e Atkins (1963) consiste na representação gráfica dos coeficientes de variação para os respectivos tamanhos das parcelas. Para expressar a relação do coeficiente de variação e o tamanho da parcela utilizou-se a função (3.3). Os ajustes foram realizados pelo método dos mínimos quadrados para modelos não lineares de Gauss Newton no *software* R (R CORE TEAM, 2017).

$$CV = aX^{-b} \quad (3.3)$$

Em que: CV representa o coeficiente de variação experimental; X é o tamanho da parcela, em unidades básicas; a e b são parâmetros do modelo.

A definição do ponto ótimo é baseada nos conceitos de geometria diferencial e movimento curvilíneo (LEITHOLD, 1994). A Equação (3.4) apresenta a dedução proposta por Lessman e Atkins (1963). A partir da função de curvatura, determina o valor da abscissa no qual ocorre o ponto de máxima curvatura. A Equação (3.5) apresenta a redefinição da estimativa do tamanho ótimo proposta por Meier e Lessman (1971).

$$X_0 = 2b + 2\sqrt{\frac{a^2b^2}{b+1}} \quad (3.4)$$

$$X_0 = \left[\frac{a^2b^2(2b+1)}{(b+2)} \right]^{\frac{1}{2+2b}} \quad (3.5)$$

Em que: X_0 é o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura (estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental); a e b são parâmetros do modelo.

3.4.3 Método do Quociente de Razão (QR)

O método do quociente de razão é uma metodologia simples para obter o tamanho ótimo da parcela (SCOLFORO; MELLO, 2006). A razão é obtida pela divisão do coeficiente de variação do i -ésimo tamanho de parcela pelo coeficiente de variação do i -ésimo menos um tamanho de parcela, conforme expresso na Equação (3.6).

$$r = \frac{CV_i}{CV_{i-1}} \quad (3.6)$$

Em que: r é a razão entre o CV_i coeficiente de variação do tamanho i de parcela e o CV_{i-1} coeficiente de variação para o tamanho i -ésimo menos um (%).

De acordo com a Equação (3.2), realizou-se a estimativa do coeficiente de variação para cada tamanho de parcela, estabelecendo controle a cada 100m². Desta forma o menor tamanho de parcela foi de 100m² e o maior tamanho foi de 2000m², posteriormente determinou a razão e estabeleceu o ponto de estabilização. Quando o coeficiente de variação tende a estabilizar a razão tende a ficar constante.

3.4.4 Método do modelo linear segmentado com resposta platô (MLSRP)

O método apresenta dois segmentos de reta, podendo ser crescente ou decrescente, sendo um dos métodos mais atuais, proposto por Paranaíba, Morais e Ferreira (2009). O coeficiente de regressão, seja negativo ou positivo, (β_1) cresce ou decresce até determinada altura CVP que representa o platô. A partir desse ponto a variável CV assume o valor constante CVP , representando o segundo segmento de reta da regressão. O modelo linear segmentado com resposta platô baseia-se na expressão:

$$CV_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ CVP + e_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad (3.7)$$

Em que: CV_i é o coeficiente de variação das parcelas de tamanho X_i ; β_0 é o intercepto do modelo linear simples do segmento anterior ao Platô; β_1 é o coeficiente angular do modelo linear simples; X_i é o tamanho da área da parcela; e_i é o erro associado à i -ésima observação; X_0 é o parâmetro relativo ao tamanho ótimo de parcela; CVP representa o CV no ponto correspondente do platô.

A partir da expressão (3.7) Paranaíba, Morais e Ferreira (2009) reescreveram a expressão, utilizando variável Dummy, dada pela Equação (3.8).

$$CV_{(x)} = (\beta_0 + \beta_1 X)Z_x + CVP(1 - Z_x) + e_i \quad (3.8)$$

Em que: $Z_x = 1$ se $X_i \leq X_0$ e 0 se $X_i > X_0$.

Para obter X_0 , iguala os dois segmentos, linear e platô. Toma-se $CVP = \beta_0 + \beta_1 X_0$, isolando X_0 temos a expressão:

$$X_0 = \left(\frac{CVP - \beta_0}{\beta_1} \right) \quad (3.9)$$

Em que: X_0 é ponto de segmento dos modelos; CVP , β_0 e β_1 representam os valores estimados dos parâmetros do modelo.

A qualidade do ajuste de todos os modelos que expressam o comportamento do coeficiente de variação das variáveis área basal e carbono com o tamanho de área da parcela foi realizada pelo erro padrão da estimativa (S_{yx}), o coeficiente de determinação (R^2) (RENCHE; SCHAALJE, 2008) e gráfico de dispersão de resíduos, pelas Equações (3.10) e (3.11) respectivamente.

$$S_{yx}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{SQR}{n-p}}}{\bar{y}} * 100 \quad (3.10)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \left(\frac{SQR}{SQT} \right) \quad (3.11)$$

Em que: p = número de parâmetros do modelo; n = número de observações; SQR = soma de quadrados do resíduo; S_{yx} = erro padrão da estimativa; \bar{y} = média das observações (CV%); R^2 = coeficiente de determinação ajustado e SQT = soma de quadrados totais.

3.5 Processamento do Inventário Florestal

A partir da estimativa dos tamanhos ótimos no presente estudo pelas quatro metodologias avaliadas, comparou-se o processamento do inventário com os tamanhos estimados e o processamento com parcelas de 1000m², sempre com a mesma intensidade amostral. Ambos os processamentos utilizaram os estimadores da Amostragem Casual Simples (ACS), conforme descrito por Cochran (1977).

A comparação dos inventários se deu pela avaliação dos intervalos de confiança obtidos para cada tamanho de parcela estimada, observando se a média de área basal e carbono obtidos pelo processamento do inventário com parcelas de 1000m² estavam contidos nos intervalos de confiança para os tamanhos ótimos definidos dentro de cada fitofisionomia.

3.6 Impacto do tamanho de parcela nos parâmetros fitossociológicos

A identificação e caracterização das espécies amostradas foi realizada e disponibilizada no Inventário Florestal de Minas Gerais (OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO; SILVA, 2008). A avaliação da estrutura da comunidade foi realizada baseando na riqueza, diversidade e abundância.

A partir dos dados biométricos e da identificação das espécies obteve-se os parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DR), densidade absoluta (DA), dominância relativa (DoR), dominância absoluta (DoA), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), e valor de importância (VI). Além disso, levou-se em consideração o índice de Shannon-Wiener (H') que infere sobre a diversidade de espécies, onde considera pesos diferentes entre as espécies consideradas raras e abundantes (GOMIDE; SCOLFORO; OLIVEIRA, 2006; SCHMITT et al., 2018), quanto maior o valor de H', maior é a diversidade florística, e a equabilidade de Pielou (J').

A equabilidade de Pielou (J') é derivado do índice de Shannon, permitindo avaliar a uniformidade da distribuição dos indivíduos (PIELOU, 1966). Representando um valor determinado em um intervalo variando de 0 a 1, onde o menor valor corresponde a uniformidade mínima e o maior valor à uniformidade máxima, ou seja, todas as espécies apresentam a mesma abundância (MAGURRAN, 1988).

Analizou-se o agrupamento das parcelas por similaridade, através do Coeficiente de Bray-Curtis, por ser um dos coeficientes de similaridade mais utilizado em trabalhos

ecológicos. Foram gerados gráficos do VI (%) em função do VI (%) acumulado para observar o padrão estrutural da floresta, utilizando um teste de Qui-quadrado para verificar a aderência entre as curvas. As análises fitossociológicas foram realizadas com parcelas de 1000 m² para todas as fitofisionomias, bem como para os tamanhos de parcelas ótimos estimados pelos métodos de definição de tamanho ótimo. Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* R (R CORE TEAM, 2017).

A comparação da estrutura fitossociológica dos diferentes tamanhos de parcelas comparadas com a de 1.000 m², se deu pelos Índices de Shannon-Wiener e equabilidade de Pielou, bem como pelo Coeficiente de Bray-Curtis e o teste Qui-quadrado das curvas de VI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatísticas descritivas dos dados

A Tabela 4.1 apresenta os valores de média, variância e coeficiente de variação da área basal, para os diferentes tamanhos de parcelas avaliadas. Observa-se claramente a redução do coeficiente de variação com o aumento da área da parcela para as quatro fitofisionomias avaliadas. A Floresta Estacional Semidecidual apresentou as maiores variações para as menores parcelas, enquanto o Cerradão às maiores variações com as maiores parcelas. O menor CV para Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual foram obtidos nas parcelas de 1800m², enquanto para Cerrado *sensu stricto* e Cerradão foram às parcelas de 2000m². O estoque de carbono apresentou comportamento semelhante a área basal. Os valores de média, variância e coeficiente de variação são apresentados na Tabela 4.2, para os diferentes tamanhos de parcelas avaliadas.

Tabela 4.1 Estatísticas da variável Área Basal nos diferentes tamanhos e formas de parcelas para as fitofisionomias avaliadas.

UB	Dim. (mxm)	F.E. Decidual				Cerrado <i>sensu stricto</i>				Cerradão				F.E. Semidecidual			
		n	\bar{x}	σ_x^2	CV	n	\bar{x}	σ_x^2	CV	n	\bar{x}	σ_x^2	CV	n	\bar{x}	σ_x^2	CV
1	10x10	793	4,4900	9,0	67,17	600	5,6000	5,0	40,54	899	17,0300	83,0	53,46	597	26,4500	446,0	79,85
2	10x20	400	4,4500	5,3	51,83	300	5,6000	3,3	32,46	450	17,0100	54,8	43,52	299	26,4050	221,0	56,30
3	10x30	240	4,4967	3,8	43,27	180	5,5967	2,9	30,18	270	17,0267	46,4	40,03	180	26,7700	145,7	45,09
4	20x20	200	4,4500	3,6	42,70	150	5,6000	2,6	28,54	225	17,0100	42,9	38,50	150	26,3150	113,7	40,52
4	10x40	160	4,4850	3,6	42,22	120	5,5675	2,6	28,60	180	17,0325	45,6	39,65	120	26,9975	128,9	42,05
5	10x50	160	4,4500	3,1	39,64	120	5,6000	2,3	26,93	180	17,0100	39,5	36,94	120	26,3140	89,8	36,02
6	10x60	80	4,5500	2,6	35,61	60	5,5717	2,4	27,96	90	17,0783	40,8	37,42	60	27,6417	85,4	33,43
6	20x30	120	4,4967	2,8	36,85	90	5,5967	2,3	26,88	135	17,0267	38,0	36,22	90	26,7717	82,0	33,83
7	10x70	80	4,4900	2,8	37,44	60	5,5643	2,2	26,79	90	17,1014	38,9	36,45	60	27,4843	75,5	31,62
8	10x80	80	4,4863	2,7	36,40	60	5,5675	2,1	25,98	90	17,0338	35,3	34,87	60	26,9975	68,4	30,63
8	20x40	80	4,4863	2,7	36,39	60	5,5675	2,1	26,01	90	17,0338	39,4	36,84	60	26,9975	77,2	32,54
9	30x30	72	4,5567	2,6	35,43	54	5,6033	2,2	26,23	81	16,5522	30,5	33,36	54	27,4800	52,8	26,44
9	10x90	80	4,4967	2,6	35,62	60	5,5967	2,0	25,45	90	17,0256	33,1	33,78	60	26,7711	57,8	28,40
10	10x100	80	4,4500	2,5	35,47	60	5,5990	1,9	24,72	90	17,0090	30,6	32,51	60	26,3150	50,9	27,12
10	20x50	80	4,4500	2,4	35,03	60	5,5990	2,0	25,23	90	17,0090	34,3	34,42	60	26,3150	48,1	26,37
12	20x60	40	4,5500	2,0	30,97	30	5,5725	2,3	27,28	45	17,0775	37,7	35,96	30	27,6417	44,8	24,21
12	30x40	48	4,5458	2,4	34,29	36	5,5725	2,1	25,96	54	16,5258	30,7	33,53	36	27,6275	54,8	26,80
14	20x70	40	4,4907	2,2	32,72	30	5,5643	2,1	26,15	45	17,1014	34,7	34,45	30	27,4850	45,5	24,54
15	30x50	48	4,5053	2,3	33,74	36	5,6073	1,9	24,66	54	16,5360	28,1	32,07	36	27,0213	33,8	21,53
16	40x40	32	4,6050	2,3	32,95	24	5,5575	2,0	25,65	36	16,2475	31,3	34,44	24	27,9981	54,2	26,30
16	20x80	40	4,4863	2,2	32,73	30	5,5681	2,0	25,32	45	17,0331	31,6	33,01	30	26,9981	42,6	24,18
18	20x90	40	4,4961	2,1	32,35	30	5,5967	1,9	24,75	45	17,0261	29,6	31,96	30	26,7711	36,7	22,63
18	30x60	24	4,9444	2,6	29,53	18	5,5856	2,4	27,64	27	16,5111	29,7	32,98	18	28,2744	27,1	18,40
20	20x100	40	4,1315	1,5	32,90	30	5,5990	1,8	24,07	45	17,0090	27,7	30,95	30	26,3145	35,1	22,50

20 40x50 32 4,5710 2,2 32,80 | 24 5,5790 1,9 24,47 | 36 16,2655 28,9 33,07 | 24 27,4440 32,8 20,87
 Em que: UB é a unidade básica de área; Dim. são as dimensões da parcela (metro); F.E são as Florestas Estacionais; n é a intensidade amostral; \bar{x} é a média da área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) e σ_x^2 é a variância ($m^4 \cdot ha^{-1}$).

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 4.2 Estatísticas da variável Estoque de Carbono nos diferentes tamanhos e formas de parcelas para as fitofisionomias avaliadas.

UB	Dim. (mxm)	F.E. Decidual				Cerrado <i>sensu stricto</i>				Cerradão				F.E. Semidecidual			
		n	\bar{y}	σ_y^2	CV	n	\bar{y}	σ_y^2	CV	n	\bar{y}	σ_y^2	CV	n	\bar{y}	σ_y^2	CV
1	10x10	793	35,1500	1016,0	90,68	600	40,0800	578,0	60,00	899	41,7100	922,0	72,77	597	94,9900	13365,0	121,59
2	10x20	400	34,8450	579,8	69,11	300	40,0850	340,5	46,03	450	41,6650	550,8	56,32	299	95,1500	6693,8	85,99
3	10x30	240	35,3600	422,0	58,10	180	40,1033	288,4	42,35	270	41,6300	455,2	51,25	180	97,0833	4640,6	70,17
4	20x20	200	34,8450	385,3	56,33	150	40,0825	237,1	38,42	225	41,6675	414,2	48,84	150	94,8325	3428,7	61,74
4	10x40	160	35,2450	417,6	57,98	120	39,8725	230,6	38,09	180	41,5275	428,9	49,87	120	98,3550	3996,9	64,28
5	10x50	160	34,8440	335,8	52,59	120	40,0840	220,7	37,06	180	41,6660	370,0	46,17	120	94,8340	2743,6	55,23
6	10x60	80	35,6933	299,6	48,49	60	39,6450	181,9	34,02	90	41,6150	352,3	45,10	60	102,1783	2809,4	51,87
6	20x30	120	35,3600	302,2	49,16	90	40,1033	202,6	35,49	135	41,6300	352,8	45,12	90	97,0817	2590,0	52,42
7	10x70	80	35,2686	326,3	51,22	60	39,7671	177,0	33,45	90	41,6171	325,4	43,34	60	101,4414	2435,8	48,65
8	10x80	80	35,2463	301,7	49,28	60	39,8738	174,3	33,11	90	41,5275	297,8	41,55	60	98,3550	2150,9	47,15
8	20x40	80	35,2463	298,4	49,01	60	39,8738	173,7	33,05	90	41,5275	358,4	45,59	60	98,3550	2475,8	50,59
9	30x30	72	35,9933	297,5	47,92	54	39,9178	172,7	32,92	81	40,3400	245,3	38,82	54	100,5733	1696,3	40,95
9	10x90	80	35,3611	281,2	47,42	60	40,1033	174,4	32,93	90	41,6289	279,2	40,14	60	97,0822	1824,6	44,00
10	10x100	80	34,8440	266,5	46,85	60	40,0830	167,8	32,32	90	41,6670	259,7	38,68	60	94,8330	1581,2	41,93
10	20x50	80	34,8440	256,6	45,98	60	40,0830	172,8	32,79	90	41,6670	309,6	42,23	60	94,8330	1500,9	40,85
12	20x60	40	35,6942	220,4	41,59	30	39,6458	167,2	32,61	45	41,6150	323,8	43,24	30	102,1792	1454,0	37,32
12	30x40	48	35,8617	281,9	46,82	36	39,6517	160,6	31,96	54	40,1333	243,2	38,86	36	101,6150	1731,7	40,95
14	20x70	40	35,2679	244,5	44,34	30	39,7671	163,6	32,16	45	41,6171	289,1	40,85	30	101,4414	1425,6	37,22

15	30x50	48	35,4173	251,8	44,80	36	39,9220	150,5	30,73	54	40,2993	231,2	37,73	36	98,3527	1039,8	32,79
16	40x40	32	36,4075	275,3	45,57	24	39,1313	149,1	31,20	36	39,0319	241,9	39,85	24	104,3131	1890,5	41,68
16	20x80	40	35,2463	239,5	43,91	30	39,8738	160,8	31,80	45	41,5281	261,7	38,96	30	98,3544	1305,0	36,73
18	20x90	40	35,3606	230,0	42,89	30	40,1028	159,8	31,52	45	41,6294	241,9	37,36	30	97,0822	1157,8	35,05
18	30x60	24	27,4306	147,9	40,78	18	39,3983	165,8	32,69	27	39,9961	205,6	35,85	18	105,7083	823,0	27,14
20	20x100	40	34,8440	226,3	43,17	30	40,0835	153,2	30,87	45	41,6665	229,1	36,32	30	94,8335	1104,8	35,05
20	40x50	32	35,9265	248,2	43,85	24	39,2785	142,4	30,38	36	39,2700	228,8	38,52	24	101,1390	1112,3	32,98

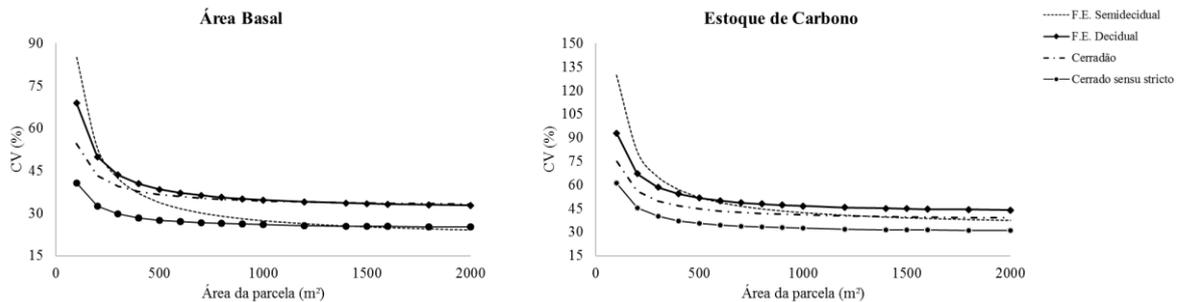
Em que: UB é a unidade básica de área; Dim. são as dimensões da parcela (metro); F.E são as Florestas Estacionais; n é a intensidade amostral; \bar{y} é a média do estoque de carbono (toneladas) e σ_y^2 é a variância (ton.²).

Fonte: Do autor (2019).

Os dados apresentaram o comportamento esperado tanto para área basal quanto estoque de carbono, para as quatro fitofisionomias estudadas, onde as parcelas com menores áreas apresentaram maiores CV em relação às maiores áreas, podendo ser observado na Figura 4.1. Este resultado está em conformidade com a Lei de Smith (1938). A variabilidade presente nem sempre está associada ao tamanho da parcela, mas também a forma da parcela, como pode-se observar na Floresta Estacional Decidual, parcelas de 1800m² (30x60m) obteve-se CV de 29,53% e 40,78% respectivamente para área basal e estoque carbono, enquanto para mesma fitofisionomia observou-se CV de 32,90% e 43,17% para área basal e estoque de carbono respectivamente, em parcelas de 2000m² (20x100m), comportamento também observado para as demais fitofisionomias avaliadas. Isso indica que a forma da parcela, para um mesmo tamanho, conseguiu detectar a variabilidade de forma diferente. Isto provoca um impacto no coeficiente de variação.

Atribui-se a maior variabilidade detectada nas menores parcelas na F.E. Semidecidual a fatores abióticos e bióticos. Dentre os fatores abióticos podemos destacar a declividade dos fragmentos avaliados, onde a F.E. Semidecidual apresenta a maior variação do gradiente de relevo em relação aos outros fragmentos, em alguns locais com declividade superior a 75%. Além disso o fragmento de F.E. Semidecidual apresenta alguns cursos hídricos no seu interior. Quanto aos fatores bióticos, observa-se que a F.E. Semidecidual apresenta uma alta densidade de indivíduos por hectare (1363 árv.ha⁻¹), com DAP variando de 5 cm até 129 cm. Estudos conduzidos por Daniel e Arruda (2005) que encontraram densidade de 1024 árvores por hectare e Braga, Borges e Martins (2011) obtiveram densidade de 1760 e 1520 árvores por hectare para floresta em estágio inicial e F. E. Semidecidual madura respectivamente. O Cerrado *sensu stricto* apresentou a maior densidade de árvores por hectare com 2308 árv.ha⁻¹, enquanto o Cerradão com 1796 árv.ha⁻¹ e 919 árv.ha⁻¹ a F.E. Decidual.

Figura 4.1 Tendência do coeficiente de variação (CV%) em função do tamanho da área de parcelas nas fitofisionomias estudadas.



Fonte: Do autor (2019).

Observa-se que o comportamento da variabilidade da área basal e do estoque de carbono em função do aumento da área apresenta tendência exponencial negativa, ou seja, até certo ponto o aumento de área acarreta brusca redução do CV chegando a um ponto que tende à estabilização do CV. Comportamento semelhante ao encontrado por Péllico Netto, Tello e Wandresen (2014), trabalhando com tamanho e forma de parcelas em florestas nativas e plantadas, e Oliveira et al. (2011) estimando tamanho ótimo, tamanho conveniente e forma de parcelas para espécie *Eremanthus erythropappus*. Com isso, a partir de um tamanho ótimo de parcela, não é conveniente aumentar a área, visto que não proporcionara um ganho no CV e ainda o aumento da área está atrelado ao aumento de custo do levantamento.

A Figura 4.1 revela também que na fitofisionomia cerrado, o coeficiente de variação é menos sensível ao aumento do tamanho da parcela, quando comparado com as demais fitofisionomias avaliadas neste estudo. Verificou-se que parcelas maiores que 500m² não tem variação no valor do CV, e conseqüentemente não tem impacto na precisão para levantamentos com a mesma intensidade amostral. Nesta situação, o aumento de parcela, tem a vantagem atrelada ao custo de deslocamento. Se trabalharmos com parcelas menores, tem-se custo de deslocamento maior. No caso de parcelas maiores, concentra-se mais trabalhos e aumenta a eficiência do levantamento. Comportamento similar também foi verificado para Cerradão e Floresta Estacional Decidual. A fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual é a que tem maior efeito do aumento da parcela sobre a redução do coeficiente de variação.

A análise exploratória dos dados permitiu verificar que a Lei de Smith (1938) se enquadrou bem ao problema relacionado ao tamanho de parcela na área florestal, especificamente no inventário florestal. A partir desta informação, pôde-se verificar os métodos de determinação de tamanho ótimo de parcelas para a vegetação no estado de Minas Gerais. As

Tabelas 4.1 e 4.2 são ótimas fontes de informação sobre variabilidade da vegetação nativa para diversos tamanhos de parcelas no estado de Minas Gerais. Estas informações são úteis para que os técnicos florestais possam utilizá-las para definição da intensidade amostral em levantamentos florestais de vegetação nativa.

4.2 Definição do tamanho ótimo de unidades amostrais

A seguir são apresentados os resultados de todos os ajustes dos modelos para estimação dos tamanhos ótimos de parcelas nas diferentes metodologias para as fitofisionomias avaliadas com discussões sobre a estimativa do tamanho ótimo de parcela. Os ajustes das metodologias avaliadas foram realizados a partir dos dados das Tabelas 4.1 e 4.2.

4.2.1 Floresta Estacional Decidual

Os métodos avaliados para Floresta Estacional Decidual apresentaram estatísticas satisfatórias, com coeficientes de determinação maiores que 88% e erros padrão residual inferior a 8% para as duas variáveis avaliadas. Os parâmetros e as estatísticas para cada metodologia avaliada são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual (S_{yx} %) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Floresta Estacional Decidual.

Método	Variável	Parâmetros		X_0	CVP	Área (m ²)	S_{yx}	S_{yx} (%)	$R^2_{aj.}$
		β_0	β_1						
Smith (1938)	Área Basal	3,4628	83,0457	-	-	-	2,241	5,99	0,92
	Carbono	3,7581	83,1597	-	-	-	2,910	5,78	0,93
MCM	Área Basal	61,6580	0,2465	7,53	-	753	2,362	6,31	0,91
	Carbono	82,9322	0,2470	9,56	-	956	3,179	6,32	0,91
QR	Área Basal	3,4628	83,0457	-	-	-	2,241	5,99	0,92
	Carbono	3,7581	83,1597	-	-	-	2,910	5,78	0,93
MLSRP	Área Basal	68,1998	-0,0644	528,35	34,17	528	2,753	7,53	0,88
	Carbono	91,9313	-0,0878	523,74	45,95	523	3,760	7,47	0,88

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 4.4 apresenta o CV estimado pela equação (3.2) das variáveis estoque de carbono e área basal, respectivamente nas diferentes áreas de parcela, variando de 100 a 2000m² e a razão entre os coeficientes de variação para diferentes tamanhos de parcela. Observou-se que houve uma tendência de estabilização da razão, onde os valores em negrito indicam o início da estabilização, ou seja, o tamanho ótimo de parcela.

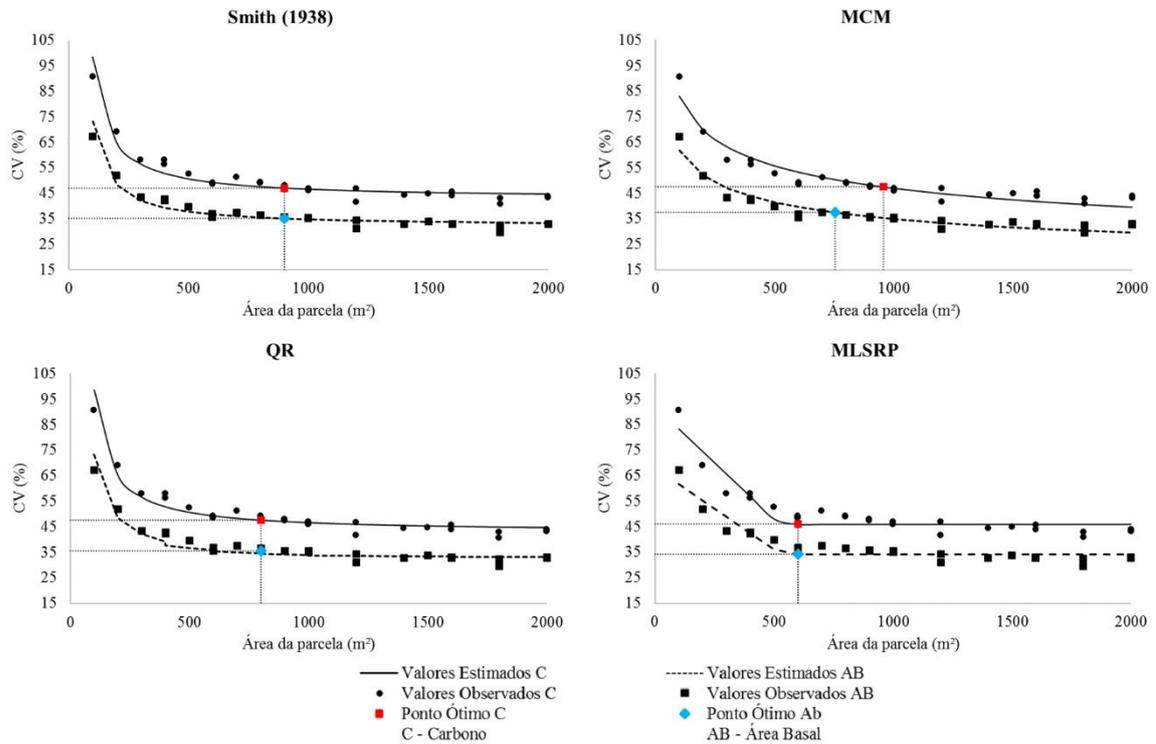
Tabela 4.4 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (*r*) da Área Basal para Floresta Estacional Decidual.

ÁREA (m ²)	CARBONO		ÁREA BASAL	
	CV (%)	<i>r</i>	CV (%)	<i>r</i>
100	98,47	0,00	73,20	0,00
200	64,97	0,66	48,33	0,66
300	56,56	0,87	42,08	0,87
400	52,77	0,93	39,27	0,93
500	50,62	0,96	37,67	0,96
600	49,24	0,97	36,64	0,97
700	48,27	0,98	35,93	0,98
800	47,56	0,99	35,40	0,99
900	47,02	0,99	34,99	0,99
1000	46,58	0,99	34,67	0,99
1100	46,23	0,99	34,41	0,99
1200	45,94	0,99	34,19	0,99
1300	45,70	0,99	34,01	0,99
1400	45,49	1,00	33,86	1,00
1500	45,31	1,00	33,72	1,00
1600	45,15	1,00	33,61	1,00
1700	45,02	1,00	33,50	1,00
1800	44,89	1,00	33,41	1,00
1900	44,79	1,00	33,33	1,00
2000	44,69	1,00	33,26	1,00

Fonte: Do autor (2019).

A Figura 4.2 apresenta os modelos ajustado e os pontos definidos como ótimo de tamanho de parcela para as duas variáveis avaliadas. Para as diferentes metodologias avaliadas, foram definidos tamanhos de parcelas único para as duas variáveis avaliadas, exceto para o método da Máxima Curvatura Modificado. Definindo como tamanho ótimo de parcela para variável área basal e estoque de carbono parcelas variando de 600m² a 1000m².

Figura 4.2 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono na Floresta Estacional Decidual.



Fonte: Do autor (2019).

4.2.2 Floresta Estacional Semidecidual

Os ajustes realizados para a fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual apresentaram estatísticas satisfatórias, com coeficientes de determinação maiores que 75% e erros padrão residual inferior a 21% para as duas variáveis avaliadas, com destaque para os menores erros padrão residual no Método da Máxima Curvatura Modificada. Os parâmetros e as estatísticas para cada metodologia são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual (S_{yx} %) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Floresta Estacional Semidecidual.

Método	Variável	Parâmetros		X_0	CVP	Área (m ²)	S_{yx}	S_{yx} (%)	$R^2_{aj.}$
		β_0	β_1						
Smith (1938)	Área Basal	3,1510	148,9024	-	-	-	6,610	20,60	0,76
	Carbono	3,5847	147,6401	-	-	-	10,191	20,64	0,75
MCM	Área Basal	77,8136	0,4527	10,64	-	1064	1,787	5,57	0,98
	Carbono	118,9597	0,4476	14,24	-	1424	2,924	5,92	0,98
QR	Área Basal	3,1510	148,9024	-	-	-	6,610	20,60	0,76
	Carbono	3,5847	147,6401	-	-	-	10,191	20,64	0,75
MLSRP	Área Basal	68,7249	-0,0545	815,59	24,31	815	5,337	16,63	0,84
	Carbono	104,8681	-0,0822	819,92	37,42	819	8,160	16,53	0,84

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 4.6 apresenta o CV estimado pela equação (3.2) das variáveis estoque de carbono e área basal, respectivamente nas diferentes áreas de parcela, variando de 100 a 2000m² e a razão entre os coeficientes de variação para diferentes tamanhos de parcela. Observou-se que houve uma tendência de estabilização da razão, onde os valores em negrito indicam o início da estabilização, ou seja, o tamanho ótimo de parcela.

Tabela 4.6 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Floresta Estacional Semidecidual.

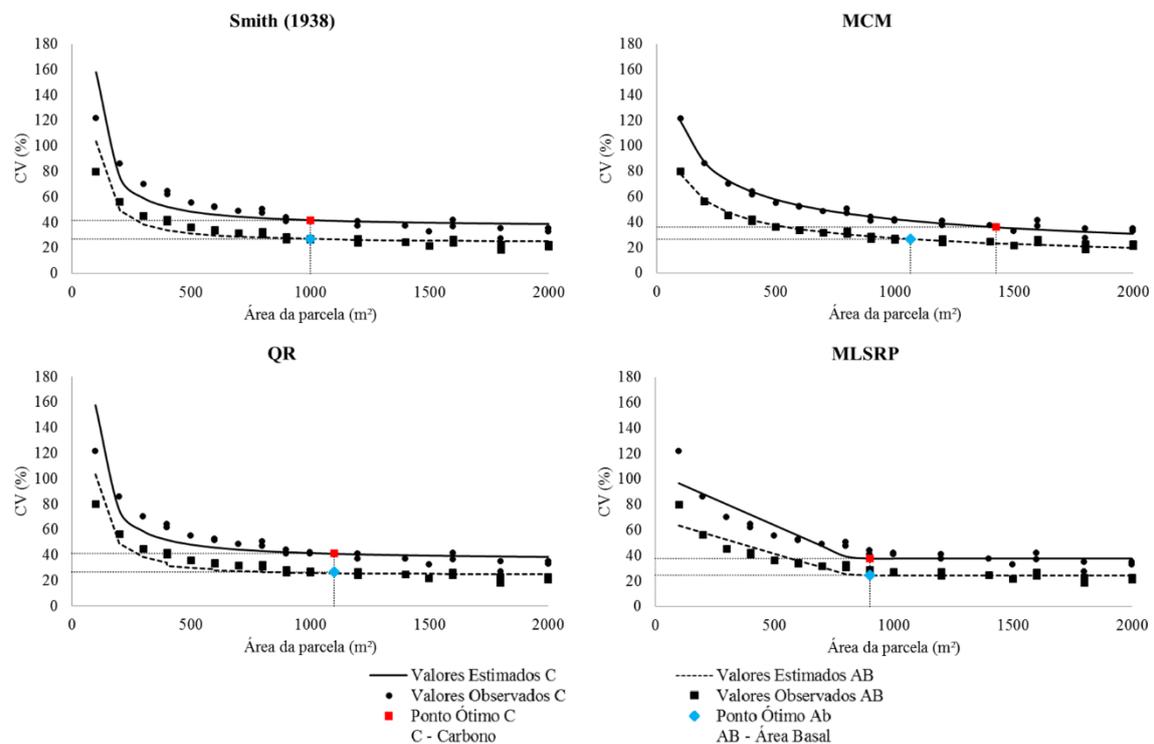
ÁREA (m ²)	CARBONO		ÁREA BASAL	
	CV (%)	r	CV (%)	r
100	157,76	0,00	103,54	0,00
200	75,40	0,48	49,18	0,47
300	58,96	0,78	38,37	0,78
400	52,13	0,88	33,89	0,88
500	48,42	0,93	31,46	0,93
600	46,10	0,95	29,94	0,95
700	44,50	0,97	28,90	0,97
800	43,35	0,97	28,14	0,97
900	42,47	0,98	27,56	0,98
1000	41,78	0,98	27,11	0,98
1100	41,22	0,99	26,74	0,99
1200	40,76	0,99	26,44	0,99

1300	40,38	0,99	26,19	0,99
1400	40,05	0,99	25,98	0,99
1500	39,77	0,99	25,80	0,99
1600	39,53	0,99	25,64	0,99
1700	39,31	0,99	25,50	0,99
1800	39,12	1,00	25,37	1,00
1900	38,95	1,00	25,26	1,00
2000	38,80	1,00	25,16	1,00

Fonte: Do autor (2019).

A Figura 4.3 apresenta os modelos ajustado e os pontos definidos como ótimo de tamanho de parcela para as duas variáveis avaliadas. Definindo como tamanho ótimo de parcela para variável área basal e estoque de carbono parcelas variando de 900m² a 1500m². Observe-se que em diferentes metodologias avaliadas foram definidos o mesmo tamanho de parcelas para as variáveis área basal e carbono, exceto para o método da Máxima Curvatura Modificado.

Figura 4.3 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono na Floresta Estacional Semidecidual.



Fonte: Do autor (2019).

4.2.3 Cerrado *sensu stricto*

Os métodos avaliados para a fitofisionomia Cerrado *sensu stricto* apresentaram estatísticas satisfatórias, com coeficientes de determinação maiores que 79% e erros padrão residual inferior a 7% para as duas variáveis avaliadas, com exceção o MLSRP com erro padrão residual em torno de 16%. A Tabela 4.7 apresenta os parâmetros e as estatísticas para cada metodologia avaliada.

Tabela 4.7 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual (S_{yx} %) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Cerrado *sensu stricto*.

Método	Variável	Parâmetros		X_0	CVP	Área (m ²)	S_{yx}	S_{yx} (%)	$R^2_{aj.}$
		β_0	β_1						
Smith (1938)	Área Basal	3,2049	51,9321	-	-	-	0,898	3,31	0,93
	Carbono	3,4066	75,1422	-	-	-	1,508	4,29	0,95
MCM	Área Basal	36,4485	0,1434	3,40	-	340	1,584	5,84	0,79
	Carbono	54,3452	0,2189	6,38	-	638	2,176	6,20	0,89
QR	Área Basal	3,2049	51,9321	-	-	-	0,898	3,31	0,93
	Carbono	3,4066	75,1422	-	-	-	1,508	4,29	0,95
MLSRP	Área Basal	42,0857	-0,0358	452,06	25,91	452	5,337	16,63	0,84
	Carbono	57,8474	-0,0424	616,62	31,73	616	8,160	16,53	0,84

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 4.8 apresenta o CV estimado pela equação (3.2) das variáveis estoque de carbono e área basal, respectivamente nas diferentes áreas de parcela, variando de 100 a 2000m² e a razão entre os coeficientes de variação para diferentes tamanhos de parcela. Observou-se que houve uma tendência de estabilização da razão, onde os valores em negrito indicam o início da estabilização, ou seja, o tamanho ótimo de parcela.

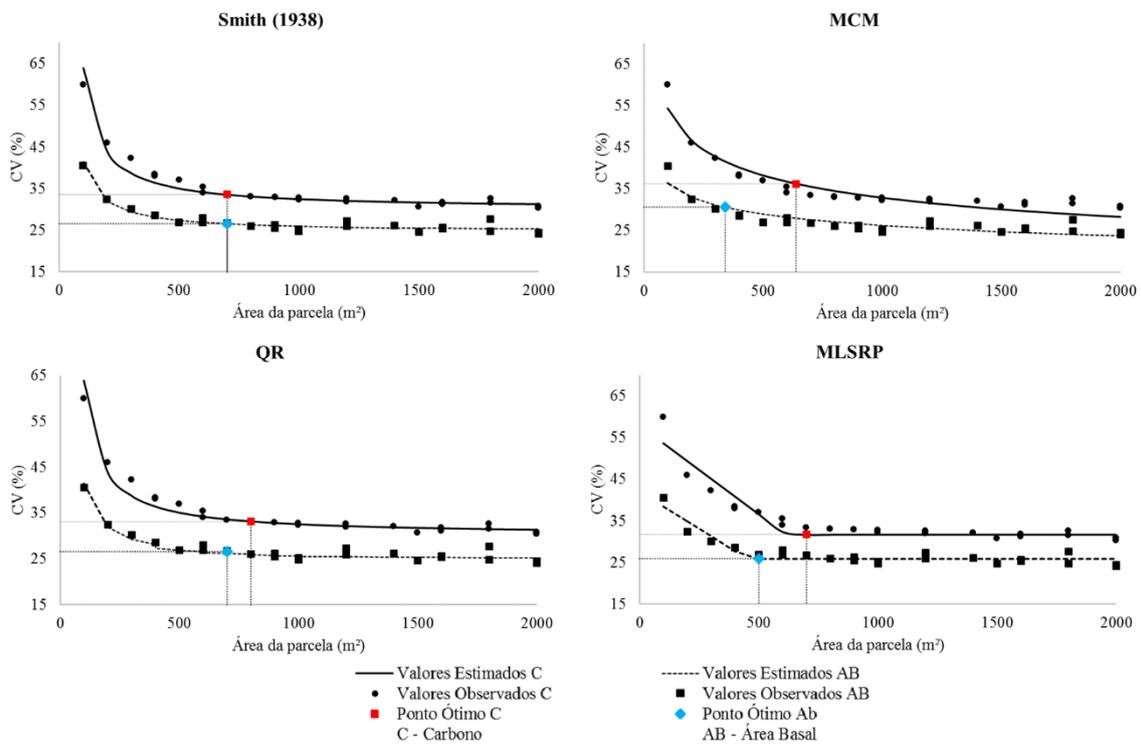
Tabela 4.8 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Cerrado *sensu stricto*.

ÁREA (m ²)	CARBONO		ÁREA BASAL	
	CV (%)	r	CV (%)	r
100	63,94	0,00	41,44	0,00
200	43,92	0,69	31,96	0,77
300	38,75	0,88	29,31	0,92
400	36,40	0,94	28,07	0,96
500	35,05	0,96	27,35	0,97
600	34,19	0,98	26,88	0,98
700	33,58	0,98	26,55	0,99
800	33,13	0,99	26,31	0,99
900	32,79	0,99	26,12	0,99
1000	32,52	0,99	25,97	0,99
1100	32,29	0,99	25,84	1,00
1200	32,11	0,99	25,74	1,00
1300	31,96	1,00	25,66	1,00
1400	31,83	1,00	25,58	1,00
1500	31,71	1,00	25,52	1,00
1600	31,61	1,00	25,47	1,00
1700	31,53	1,00	25,42	1,00
1800	31,45	1,00	25,37	1,00
1900	31,38	1,00	25,34	1,00
2000	31,32	1,00	25,30	1,00

Fonte: Do autor (2019).

Definiu-se como tamanho ótimo de parcela para variável área basal e estoque de carbono parcelas variando de 400m² a 800m². Apenas a metodologia de Smith (1938) definiu o mesmo tamanho ótimo de parcelas para as duas variáveis avaliadas, destacando que a definição do tamanho ótimo do método é realizada de forma visual. A Figura 4.4 apresenta os modelos ajustado e os pontos definidos como ótimo de tamanho de parcela para as duas variáveis avaliadas.

Figura 4.4 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono no Cerrado *sensu stricto*.



Fonte: Do autor (2019).

4.2.4 Cerradão

Os ajustes realizados para a fitofisionomia Cerradão apresentaram estatísticas satisfatórias, com coeficientes de determinação maiores que 79% e erros padrão residual inferior a 9% para área basal e carbono. Os parâmetros e as estatísticas para cada metodologia são apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 Parâmetros ajustados (β_n) para os diferentes métodos avaliados, tamanho ótimo de parcela (X_0), CV no ponto correspondente do platô (CVP), erro padrão residual (S_{yx}), erro padrão residual percentual ($S_{yx}(\%)$) e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) da área basal e estoque de carbono para Cerradão.

Método	Variável	Parâmetros		X_0	CVP	Área (m ²)	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	$R^2_{aj.}$
		β_0	β_1						
Smith (1938)	Área Basal	3,4829	54,4166	-	-	-	1,479	4,11	0,90
	Carbono	3,6387	73,1159	-	-	-	2,757	6,30	0,88

MCM	Área Basal	49,5446	0,1553	4,72	-	472	1,614	4,48	0,89
	Carbono	67,7323	0,2149	7,57	-	757	2,227	5,21	0,92
QR	Área Basal	3,4829	54,4166	-	-	-	1,479	4,11	0,90
	Carbono	3,6387	73,1159	-	-	-	2,757	6,30	0,88
MLSRP	Área Basal	48,5188	-0,0185	822,27	33,32	822	2,213	6,15	0,79
	Carbono	65,1242	-0,0316	824,51	39,10	825	3,539	8,09	0,81

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 4.10 apresenta o CV estimado pela equação (3.2) das variáveis estoque de carbono e área basal, respectivamente nas diferentes áreas de parcela, variando de 100 a 2000m² e a razão entre os coeficientes de variação para diferentes tamanhos de parcela. Observou-se que houve uma tendência de estabilização da razão, onde os valores em negrito indicam o início da estabilização, ou seja, o tamanho ótimo de parcela.

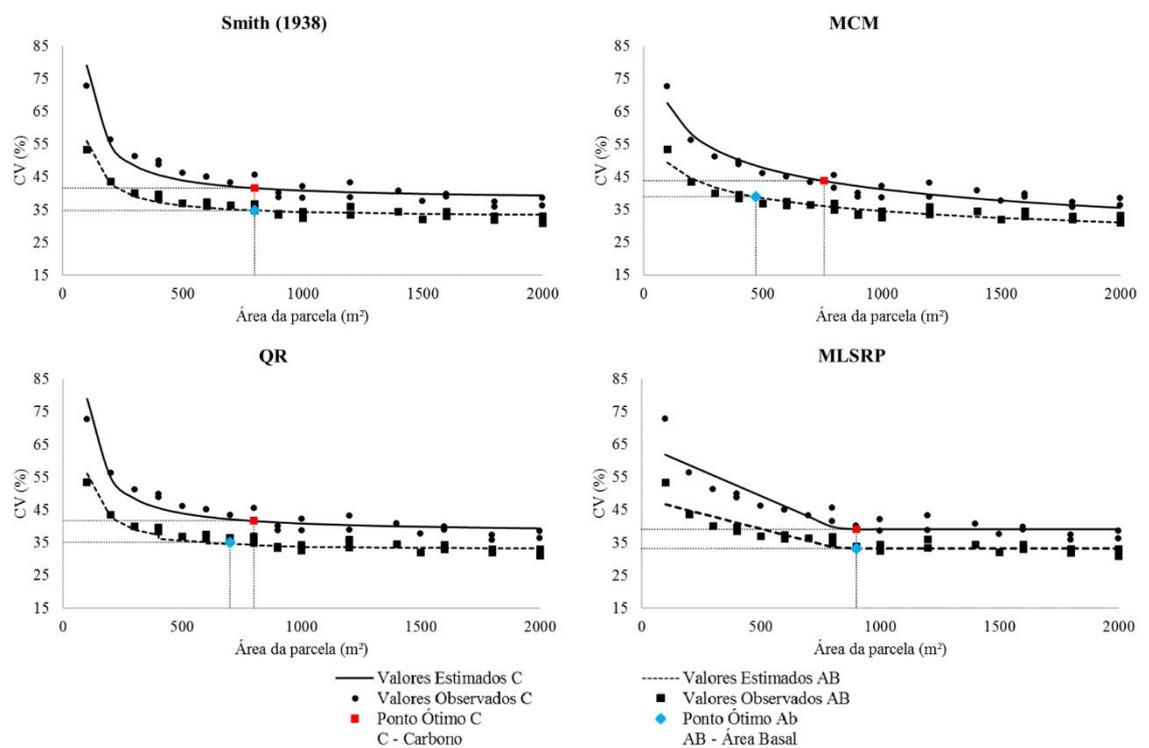
Tabela 4.10 Coeficientes de variação estimados pelo modelos (CV) e a razão dos coeficientes (r) da Área Basal para Cerrado *sensu stricto*.

ÁREA (m ²)	CARBONO		ÁREA BASAL	
	CV (%)	r	CV (%)	r
100	79,03	0,00	56,10	0,00
200	54,83	0,69	42,73	0,76
300	48,54	0,89	39,03	0,91
400	45,67	0,94	37,30	0,96
500	44,03	0,96	36,30	0,97
600	42,97	0,98	35,64	0,98
700	42,23	0,98	35,19	0,99
800	41,68	0,99	34,85	0,99
900	41,26	0,99	34,58	0,99
1000	40,93	0,99	34,37	0,99
1100	40,66	0,99	34,21	1,00
1200	40,43	0,99	34,06	1,00
1300	40,24	1,00	33,95	1,00
1400	40,08	1,00	33,84	1,00
1500	39,94	1,00	33,76	1,00
1600	39,82	1,00	33,68	1,00
1700	39,71	1,00	33,61	1,00
1800	39,62	1,00	33,55	1,00
1900	39,53	1,00	33,50	1,00
2000	39,46	1,00	33,45	1,00

Fonte: Do autor (2019).

A metodologia de Smith (1938) e MLSRP definiram o mesmo tamanho de parcela para as duas variáveis avaliadas. Foram definidos como tamanho ótimo para variável área basal e estoque de carbono parcelas variando de 500m² a 900m². A Figura 4.5 apresenta os modelos ajustado e os pontos definidos como ótimo de tamanho de parcela para as variáveis área basal e carbono.

Figura 4.5 Modelos ajustado, valores observados e tamanho ótimo de unidades amostrais de acordo com as quatro metodologias avaliadas, para as variáveis área basal e estoque de carbono no Cerradão.



Fonte: Do autor (2019).

4.3 Análise crítica dos métodos

Um dos objetivos do trabalho foi comparar quatro métodos para definição de tamanho ótimo de parcela a ser utilizada em levantamentos quantitativos em vegetação nativa no estado de Minas Gerais. Foram obtidos diferentes resultados para tamanho ótimo de parcelas pelos diferentes métodos sendo que resultados semelhantes foram encontrados por Cargnelutto Filho et al. (2011), Dias (2014), Henriques Neto et al. (2004), Oliveira et al. (2011), Peixoto, Faria e Morais (2011) e Silva et al. (2003).

Assim, a criação deste item dentro de resultados é interessante para apresentar de forma resumida o desempenho dos métodos avaliados. O tamanho ótimo de parcela para Cerrado, Cerradão e F. E. Decidual pode ser entre 600 e 1000 m². Este resultado foi indicado basicamente pelos quatro métodos avaliados. Por apresentar a maior heterogeneidade, para a fisionomia de F. E. Semidecidual, o tamanho ótimo de parcela deve ser entre 1000 a 1400 m². Para todos estes tamanhos obtidos nas quatro diferentes fitofisionomias, o uso de parcelas retangulares é desejado. Este formato possibilita melhor controle no processo de medição, capta bem a variabilidade espacial da característica avaliada.

A Tabela 4.11 apresenta os tamanhos ótimos de parcelas definidos pelos quatro métodos utilizados.

Tabela 4.11 Estimativas de tamanho ótimo de parcela para as quatro metodologias avaliadas nas respectivas fitofisionomias.

Variável	Fitofisionomia	Área da parcela (m ²)			
		Smith (1938)	MCM	QR	MLSRP
Área Basal	F. E. Decidual	900	800	800	600
	Cerrado <i>sensu stricto</i>	700	400	700	500
	Cerradão	800	500	700	900
	F. E. Semidecidual	1000	1100	1100	900
Estoque de Carbono	F. E. Decidual	900	1000	800	600
	Cerrado <i>sensu stricto</i>	700	700	800	700
	Cerradão	800	800	800	900
	F. E. Semidecidual	1000	1500	1100	900

Fonte: Do autor (2019).

Em todos os métodos avaliados, o Cerrado e o Cerradão apresentaram as menores estimativas de tamanho ótimo de parcelas, caracterizando fitofisionomias mais homogêneas.

Como a definição do tamanho ótimo pelo método baseado na Lei Empírica de Smith (1938) é realizada de forma visual e não por metodologias com base matemática, de acordo com o ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação em função da área da parcela, tal forma, pode apresentar diferentes definições entre outros observadores. Definindo de forma subjetiva para esse método tamanho ótimo variando de 700 a 1000 m² para as fitofisionomias avaliadas.

O tamanho ótimo de parcela (X_0) para os métodos da MCM e MLRSP são definidos de forma algébrica, o que na maioria das vezes resulta em valores não inteiros. Assim, pensando no operacional de futuros levantamentos florestais os valores foram arredondados para cima, visto que o aumento da área da parcela ainda provoca redução no CV.

De acordo com Silva et al. (2003), o método da máxima curvatura é o mais utilizado para estimativa do tamanho ótimo de parcelas. Entretanto, os mesmos autores afirmam que o método pode apresentar um inconveniente por ser baseado no ponto onde ocorre a máxima curvatura de forma algébrica. De maneira geral, esse ponto ocorre nas menores parcelas, não coincidindo com o ponto de estabilização do coeficiente de variação. Dessa forma, o método tende a subestimar a área ótima da parcela, em que o aumento do tamanho da parcela pode acarretar um ganho significativo sobre a precisão do coeficiente de variação.

Outros trabalhos, como o de Chaves (1985), descrevem que o valor do ponto de máxima curvatura não deve ser interpretado como tamanho ótimo e sim como limite mínimo para definição do tamanho ótimo. Deste ponto para frente, o técnico poderá escolher o tamanho ideal para o tipo de levantamento que será realizado. Se o tamanho ótimo basear no estoque de carbono, conforme estudado neste trabalho, o tamanho ideal de parcela pelo MCM está muito próximo do método empírico de Smith apresentado neste trabalho para as fitofisionomias avaliadas. Além disso, o método da MCM apresenta como inconveniente a necessidade de parâmetros iniciais para ajuste do modelo, por se tratar de um modelo não linear.

O método do Quociente de Razão ao contrário da Máxima Curvatura Modificado, estabelece um tamanho ótimo, definindo o ponto de estabilização entre o aumento da área da parcela e a redução do CV, a partir do qual não há ganhos compensatórios em termos de controle de variabilidade. A escolha ficará também a critério do pesquisador, conforme o objetivo e a disponibilidade financeira para realização do levantamento.

A definição do tamanho ótimo de parcela (X_0) para o método do MLSRP foi definida de forma algébrica através dos parâmetros do modelo, definindo o ponto de segmentação do modelo, assim estimando o platô.

Como já detectado em trabalhos de Paranaíba et al. (2009), os valores encontrados pelo método da máxima curvatura modificada subestimam o tamanho ótimo da parcela, de modo que, o valor encontrado pelo método do MLRP é um valor mais condizente com as situações.

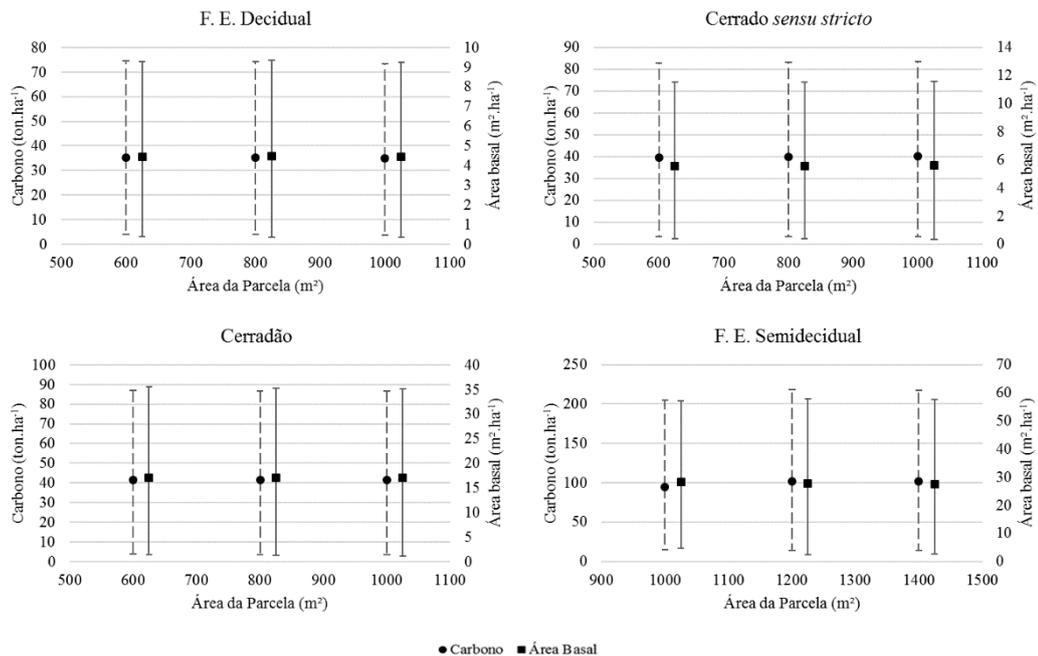
Entre todos os métodos, o método do quociente de razão apresentou-se como método de fácil ajuste e aplicação, buscando a estabilização da variabilidade e gerando bons resultados,

além de definir o tamanho ótimo baseado na estabilização da razão entre os coeficientes, caracterizando-o melhor que a Lei de Smith (1938).

4.4 Processamento do Inventário Florestal

Em todas as fitofisionomias avaliadas, os menores erros de amostragem de área basal e estoque de carbono são oriundos do processamento do inventário florestal que faz o uso de parcelas com área de 1000m², com erros amostrais inferiores a 11 %. A Figura 4.6 apresenta a média e o intervalo de confiança obtido no processamento do inventário florestal com parcelas de 1000m² e os tamanhos definidos como ótimos.

Figura 4.6 Média e intervalo de confiança do processamento de parcelas de 1000 m² e de tamanho ótimo estimado pelos quatros métodos avaliados.



Fonte: Do autor (2019).

As médias obtidas pelo processamento dos inventários florestais nos diferentes tamanhos foram englobadas no intervalo de confiança do inventário utilizando parcelas de 1000m² para todas as fitofisionomias avaliadas. A Figura 4.6 também revelou que as estimativas das médias de área basal e carbono nos diferentes tamanhos de parcela estão muito próximas de 1000m².

Na F.E. Decidual, os maiores erros para área basal e carbono respectivamente, foram 800 e 600m², para o Cerrado *sensu stricto* foram 400 e 700m² e para o Cerradão foram parcelas de 500 e 700 m². Em geral, o erro para área basal variou entre 6 e 9 %, enquanto para estoque de carbono entre 8 e 15 %.

A Tabela 4.12, mostra a variação entre o erro do inventário com parcelas de 1000m² e para os diferentes tamanhos de parcelas estimados para os quatro métodos em cada fitofisionomia avaliada. Verifica-se que os erros obtidos com os diferentes tamanhos de parcelas foram próximos entre si, apresentando variações de erros muito pequenas, inferiores a 1% comparados ao erro processado pelo inventário com parcelas de 1000m², com exceção das parcelas de 1500m² em Floresta Estacional Semidecidual, que apresentou variação inferior a 4%.

Tabela 4.12 Comparação entre o erro do inventário florestal com parcelas de 1000 m² com tamanhos de parcelas estimados pelas diferentes metodologias.

Variável	Fitofisionomia	Δ Erro (%)			
		A	B	C	D
Área Basal	F. E. Decidual	0,0	-0,2	-0,2	-0,6
	Cerrado <i>sensu stricto</i>	-0,5	-1,1	-0,5	-0,7
	Cerradão	-0,5	-0,9	-0,8	-0,3
	F. E. Semidecidual	0,00	-	-	-0,3
Estoque de Carbono	F. E. Decidual	0,3	0,0	-0,7	-0,6
	Cerrado <i>sensu stricto</i>	-0,5	-1,1	-0,5	-0,7
	Cerradão	-0,6	-0,6	-0,6	-0,3
	F. E. Semidecidual	0,0	3,1	-	-0,7

Em que: Δ Erro– variação do erro; A – Lei empírica de Smith (1938); B – Máxima Curvatura Modificado; C – Quociente de Razão; D – Modelo Linear Segmentado com resposta em platô. Fonte: Do autor (2019).

De maneira geral, a maioria dos métodos em todas as fitofisionomias apresentou redução do tamanho da parcela comparado com o tamanho tomado como referência (1000m²), que é comumente utilizado em inventários florestais de vegetações nativas, principalmente no cerrado, constatando também que não apresentou aumentos expressivos do erro comparados a parcelas de 1000m².

Uma das desvantagens associadas aos métodos de estimativa de tamanho ótimo de parcelas utilizados é não considerar os custos do levantamento, conforme expressado por Dias (2014). É válido destacar que a utilização de parcelas menores pode proporcionar maiores custos no levantamento florestal em vegetações nativas. A formação do custo de um

levantamento florestal está associada a dois principais fatores: tempo de coleta de dados e tempo de deslocamento. Quando se trabalha com menores áreas de parcelas, reduz o tempo de coleta, no entanto, dependendo das características da floresta (presença de cipós, densidade populacional, dentre outros) pode ocorrer aumento do tempo de deslocamento, o que aumentaria o custo do levantamento.

4.5 Fitossociologia

A proposta central deste item é verificar o efeito dos tamanhos ótimos selecionados pelos métodos sobre os principais parâmetros fitossociológicos. São parâmetros que descrevem o perfil estrutural da floresta e sua riqueza e diversidade. Na maioria dos levantamentos florestais em vegetação nativa, busca-se informações a respeito da estimativa da característica da variável principal de interesse, que normalmente são volume e estoque de carbono. No entanto, é comum aproveitar as informações dos levantamentos para se conhecer a estrutura ecológica da floresta. O processo inverso também é comum, lança-se uma amostra para conhecer a estrutura ecológica da vegetação, e tem como “subproduto” a informação quantitativa. Seja como for, o importante é que se tenha sempre o tamanho de parcela que retrate bem as duas situações. A ideia aqui é comparar alguns parâmetros fitossociológicos das parcelas de 1000m², com os tamanhos de 600 e 800m² para cerrado, cerradão e Floresta Estacional Decidual. Para a Floresta Estacional Semidecidual, será comparado a de 1200 e 1400m² com as informações de 1000m².

A Tabela 4.13 apresenta os principais resultados das análises fitossociológicas realizadas para as parcelas de 1000 m² e para cada tamanho de parcela estimado. As análises fitossociológicas são fundamentais para dar uma ideia da estruturação da comunidade estudada.

Tabela 4.13 Principais resultados da análise fitossociológica, densidade de árvores, área basal, riqueza, Índice de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou.

Fitofisionomia		Área da Parcela (m ²)		
		1000	800	600
F.E. Decidual	Densidade total por área (ind.ha ⁻¹)	919	929	958
	Área Basal total por área (m ² .ha ⁻¹)	12,98	13,18	13,36
	Riqueza (spp)	133	123	113
	Índice de Shannon-Wiener (H')	3,05	3,05	3,06
	Equalibidade de Pielou (J)	0,62	0,64	0,65
		1000	800	600
Cerrado <i>sensu stricto</i>	Densidade total por área (ind.ha ⁻¹)	2308	2292	2296
	Área Basal total por área (m ² .ha ⁻¹)	16,64	16,58	16,63
	Riqueza (spp)	201	190	177
	Índice de Shannon-Wiener (H')	3,85	3,86	3,86
	Equalibidade de Pielou (J)	0,73	0,74	0,75
		1000	800	600
Cerradão	Densidade total por área (ind.ha ⁻¹)	1796	1824	1866
	Área Basal total por área (m ² .ha ⁻¹)	15,77	15,81	15,83
	Riqueza (spp)	274	267	256
	Índice de Shannon-Wiener (H')	4,35	4,35	4,35
	Equalibidade de Pielou (J)	0,77	0,78	0,78
		1000	1200	1400
F.E. Semidecidual	Densidade total por área (ind.ha ⁻¹)	1363	750	740
	Área Basal total por área (m ² .ha ⁻¹)	17,78	18,14	17,94
	Riqueza (spp)	301	312	327
	Índice de Shannon-Wiener (H')	4,80	4,79	4,79
	Equalibidade de Pielou (J)	0,84	0,83	0,83

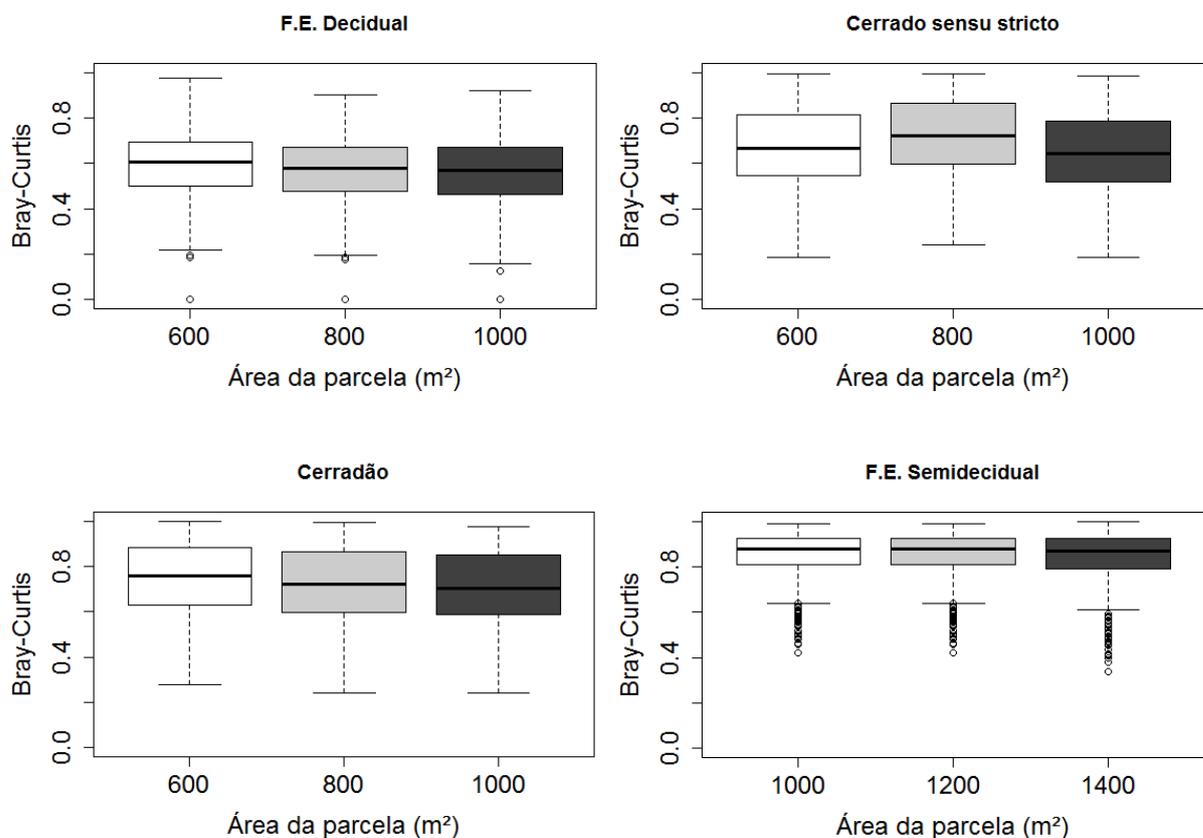
Fonte: Do autor (2019).

Em todas as fitofisionomias as maiores parcelas apresentaram comportamento esperado, com os maiores números de espécies (riqueza) nos maiores tamanhos de parcela, o que pode ser observado em curvas de acumulação de espécie como apresentado no trabalho Rosa, Longhi e Ludwig (2008), entretanto todas as parcelas obtiveram valores de riqueza próximos entre si. Observa-se que em todas as fitofisionomias o índice de Shannon-Wiener foram similares entre os diferentes tamanhos de parcelas avaliados, indicando que nos diferentes tamanhos de parcela não alterou a quantificação da diversidade na área em estudo. O mesmo comportamento

também é observado no índice de Igualidade de Pielou, permanecendo certo grau de uniformidade entre os diferentes tamanhos de parcelas.

Na avaliação da similaridade florística, as diferentes áreas de parcelas nas fitofisionomias apresentaram comportamento semelhante na similaridade florística de Bray-Curtis, baseado na relação das parcelas uma com as outras, conforme observado na Figura 4.7.

Figura 4.7 Similaridade florística dos diferentes tamanhos de parcelas nas quatro fitofisionomias avaliadas.

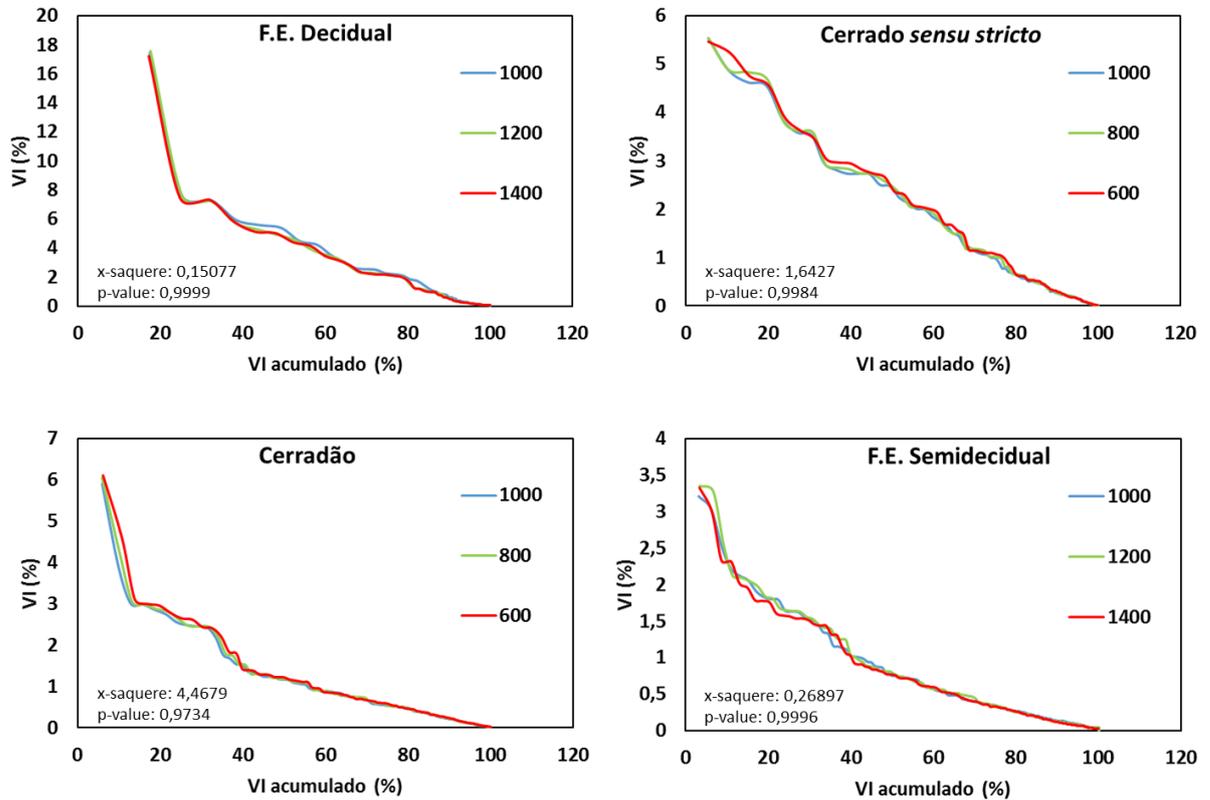


Fonte: Do autor (2019).

A Figura 4.8 apresenta os padrões fitossociológicos nos diferentes tamanhos de parcela para todas as fitofisionomias, avaliando a relação de dominância entre as espécies, o quanto uma espécie domina mais que outra. Observa-se que nos diferentes tamanhos de parcela, o padrão fitossociológico permaneceu semelhante para todas as fitofisionomias, ou seja, o tamanho da parcela não influenciou no padrão fitossociológico, possibilitando amostrar bem a realidade da comunidade utilizando os tamanhos ótimos de parcelas estimados. O teste de Qui-quadrado para avaliação da aderência das curvas dos padrões estruturais, mostrou que todos os tamanhos

de parcelas estimados juntamente com as parcelas de 1000m² não apresentaram diferenças significativas, ou seja, apresentam o mesmo comportamento.

Figura 4.8 Padrões Fitossociológicos das quatro fitofisionomias avaliadas.



Fonte: Do autor (2019).

Baseado na estimativa dos métodos avaliados, no processamento do inventario florestal e no padrão estrutural das diferentes fitofisionomias nos diferentes tamanhos de parcelas definiu-se o tamanho de 600m² a 1000m² para F. E. Decidual, Cerrado *sensu stricto* e Cerradão e 1000m² a 1400m² para F.E. Semidecidual, tanto para área basal, quanto para estoque de carbono. Para escolha do tamanho a ser utilizado deve levar em considerações alguns quesitos, como o objetivo/variabilidade desejada, a intensidade amostral utilizada e principalmente os custos.

5. CONCLUSÃO

Os métodos avaliados e testados se apresentaram eficientes para estimativa do tamanho ótimo de parcela para inventários florestais de formações nativas. Como as relações ecológicas e o erro do inventário florestal se mantiveram semelhantes com os diferentes tamanhos de parcelas, a escolha do tamanho da parcela pode ser baseada apenas na biomassa.

Definiu-se como tamanho de parcela ótimo para inventário florestal parcelas de 600m² para Floresta Estacional Decidual, Cerrado *sensu stricto* e Cerradão e 1000m² para Floresta Estacional Semidecidual.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AMARO, M. A. et al. Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 849 - 857, 2013.
- ANDERSON, R. L.; NELSON, L. A. A Family of Models Involving Intersecting Straight Lines and Concomitant Experimental Designs Useful in Evaluating Response to Fertilizer Nutrients. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 303-318, 1975.
- AZEVEDO, A. D. et al. Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 183–194, 2018.
- BACCINI, A. et al. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. **Nature Climate Change**, Londres, v. 2, p. 182–185, 2012.
- BARREIRA, S. **Estudo da regeneração natural do cerrado como base para o manejo florestal**. 113p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- BARREIRA, S. et al. Efeito de diferentes intensidades de corte seletivo sobre a regeneração natural do cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 40–51, 2000.
- BLANC, L. et al. Dynamics of aboveground carbon stocks in a selectively logged tropical forest. **Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America**, Washington, v. 19, n. 6, p. 1397–404, 2009.
- BRAGA, A. J. T.; BORGES, E. E. de L.; MARTINS, S. V. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional Semidecidual secundária em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 493–503, 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília, 2011. 272p.
- BRITO, M. C. M. et al. Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 353–366, 2012.
- BROWN, S. **Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer**. FAO, 1997.
- CARGNELUTTO FILHO, A. et al. Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais de híbridos de milho simples, triplo e duplo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1509–1516, 2011.
- CAVANAUGH, K. C. et al. Carbon storage in tropical forests correlates with taxonomic diversity and functional dominance on a global scale. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 5, p. 563–573, 2014.

- CHAVE, J. et al. Assessing Evidence for a Pervasive Alteration in Tropical Tree Communities. **PLoS Biology**, Califórnia, v. 6, n. 3, p. e45, 2008.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, Illinois, v. 20, n. 10, p. 3177–3190, 2014.
- CHAVE, J. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87–99, 2005.
- CHAVES, L.J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 148p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.
- COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. 3 ed. ed. New York, 1977. 442p.
- CUNHA, U. S. da. **Dendrometria e inventário florestal**. Série Técnica. Manaus, 2004. 61p.
- DANIEL, O.; ARRUDA, L. Fitossociologia de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial às margens do Rio Dourados, MS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 68, p. 69–86, 2005.
- DIAS, T. C. **Forma e Tamanho Ótimos de Parcelas Experimentais de Eucalipto Clonal em Sistema de Integração Lavoura- Pecuária-Floresta**. 2014. 114p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, 2014.
- DINIZ, F. S. **Métodos de Amostragem e Geoestatística aplicados ao Inventário Florestal**. 2007. 87p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, 2007.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 3 Ed. ed. New York, 1998. 736p.
- FAUSET, S. et al. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. **Nature Communications**, v. 6, n. 54, 2015.
- FICK, T. A. Amostragem para inventário Florestal em sistemas silvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1033–1038, 2011.
- GAMA, J. R. et al. Tamanho de parcela e suficiência amostral para estudo da regeneração natural em floresta de várzea na Amazônia. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, 2001.
- GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. De. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 127–144, 2006.
- GONZAGA, A. P. D. et al. Interação espécie-ambiente no componente regenerante de Floresta Estacional Decidual no Sudoeste do Brasil. **Heringeriana**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 39–57, 2017.

- HENRIQUES NETO, D. et al. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 517–524, 2004.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Dos; JARDIM, F. C. S. Tamanho de parcela amostrai para inventários florestais. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 91–103, 1982.
- HOUGHTON, R. A.; BYERS, B.; NASSIKAS, A. A. A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO₂. **Nature Publishing Group**, v. 5, p. 1022–1023, 2015.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2a edição ed. Rio de Janeiro, 2012. 275p.
- JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, Lancaster, v. 204, n. 3, p. 459–473, 2014.
- LEITHOLD, L. **O Cálculo com Geometria Analítica**. 3ª edição, São Paulo, 1994. 1178p.
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum Plot Size and Relative Efficiency of Lattice Designs for Grain Sorghum Yield Tests1. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 6, p. 477, 1963.
- LEWIS, S. L. et al. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. **Nature**, v. 457, n. 7232, p. 1003–1006, 2009.
- LIN, C. S.; MORRISON, M. J.; BINN, M. Persistence of a field heterogeneity index. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, p. 245–250, 1996.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. New Jersey, 1988.179p.
- MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A Reassessment of Carbon Content in Tropical Trees. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 6, n. 8, p. 19-, 2011.
- MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of Optimum Field Plot Shape and Size for Testing Yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Washington, v. 11, n. 5, p. 648–650, 1971.
- MORAES, H. G. S.; CORDEIRO, I.; FIGUEIREDO, N. Flora and Floristic addinities of the cerrados of Maranhão state, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, p. 1–21, 2018.
- MORAIS FILHO, A. D. de et al. **Utilização de métodos estatísticos em inventário florestal**. ESALQ, Piracicaba, 2003. 27p.
- MUNIZ, J. A. et al. Estudo do Tamanho de Parcelas Experimentais em Povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill, usando Parcelas Lineares. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1002–1010, 2009.

- NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 659–669, 2004.
- OLIVEIRA FILHO, A. T. De; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. P. de C. **Compilação e caracterização das espécies arbóreas da flora nativa de Minas Gerais. Lavras.** In: Inventário Florestal de Minas Gerais: Espécies Arbóreas da Flora Nativa. Lavras: UFLA, 2008. cap., p. 1-8.
- OLIVEIRA, C. P. De et al. Composição florística e estrutura de um cerrado sensu stricto no oeste da Bahia. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 545–552, 2015.
- OLIVEIRA, G. M. V. et al. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 327–338, 2011.
- OLIVEIRA, L. M. De et al. Florística e síndromes de dispersão de um fragmento de cerrado ao sul do estado do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 1, p. 104–111, 2018.
- OLIVEIRA, M. M. De et al. Tamanho e formas de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia central. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 645–653, 2014.
- OLIVEIRA, P. H. De; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 205–208, 1995.
- OLIVEIRA, S. J. R. De et al. Índice de heterogeneidade, coeficiente de variação e tamanho ótimo de parcela em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1710–1716, 2006.
- PAN, Y. et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, Washington, v. 333, n. 6045, p. 988–993, 2011.
- PARANAIBA, P. F.; MORAIS, A. R. De; FERREIRA, D. F. Tamanho e forma de parcelas experimentais: Comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 27, p. 81–90, 2009.
- PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; MORAIS, A. R. De. Using of regression plateau models in estimation of plot sizes for experiments with passion fruit. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1907–1913, 2011.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997. 316p.
- PÉLLICO NETTO, S.; TELLO, J. C. R.; WANDRESEN, R. R. Size and Shape of Sample Units in Native Forests and Plantations. **Open Journal of Forestry**, v. 4, n. 4, p. 379–389, 2014.
- PIELOU, E. C. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Colledions. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, p. 131–144, 1966.

POORTER, L. et al. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 11, p. 1314–1328, 2015.

PYLE, E. H. et al. Dynamics of carbon, biomass, and structure in two Amazonian forests. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 113, n., p. 1-20, 2008.

QUESADA, M. et al. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1014–1024, 2009.

R CORE TEAM. **R A language and environment for statistical computing**. Vienna, 2017.

RÉJOU-MÉCHAIN, M. et al. Biomass: an r package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. **Methods in Ecology and Evolution**, Londres, v. 8, n. 9, p. 1163–1167, 2017.

RENCHER, A. C.; SCHAALJE, G. B. **Linear Models in Statistics**. 2 ed. New Jersey, 2008. 672p.

RIBEIRO, K. T. et al. Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado. **Natureza e Conservação**, v. 7, n. 1, p. 30–49, 2009.

RODRÍGUEZ, R. C. M. **Estimativa do Potencial Sequestro de Carbono em Áreas de Preservação Permanente de Cursos D'água e Topos de Morros Mediante Reflorestamento com Espécies Nativas no Município de São Luiz do Paraitinga**. 2015. 120p. Dissertação (Mestre em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

ROSA, S. F. Da; LONGHI, S. J.; LUDWIG, M. P. Aspectos florísticos e fitossociológicos da reserva Capão de Tupanciretã, Tupanciretã, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 15–25, 2008.

ROVEDA, M. et al. Spatial continuity in a mixed ombrophilous forest with different size and shape of sample units. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 189–196, 2016.

RUFINO, T. M. C. et al. Uso da Geoestatística no Estudo da Relação entre Variáveis Dentrométricas de Povoamentos de Eucalyptus sp. e Atributos do Solo. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, n. 3, p. 83–93, 2006.

SAATCHI, S. S. et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 108, n. 24, p. 9899–9904, 2011.

SAMPAIO, A. C. F. et al. Fitossociologia do Cerrado sensu stricto na bacia do Rio Parnaíba no nordeste brasileiro. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 2, p. 299–307, 2018.

SANTOS, P. C. Dos et al. O emprego da geoestatística na determinação do tamanho “ótimo” de amostras aleatórias com vistas à obtenção de estimativas dos volumes dos fustes de

espécies florestais em Paragominas, estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, p. 213–222, 2011.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 2319–2331, p. 2319–2331, 2015.

SCHMITT, T. et al. Análise fitossociológica para a recuperação de áreas degradadas utilizando espécies de cerrado. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2018.

SCHREUDER, H. T.; GREGOIRE, T. G.; WOOD, G. B. **Sampling methods for multiresource forest inventory** Wiley, 1993. 446p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Procedimento de inventário florestal - flora nativa**. In: Mapeamento e Inventário da Flora e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, Lavras: UFLA, 2006, cap. 4, p. 63-73.

SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras, 2008.288P.

SCOLFORO, J. R. S.; CHAVES, A. L.; MELLO, J. M. de. Definição de tamanho de parcela para inventário florestal em Floresta Semidecídua Montana. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p. 333-337.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário Florestal**. Texto Acadêmico, Lavras 2006. 561p.

SILVA, H. F. et al. Biomass and Carbon in a Seasonal Semideciduous Forest in Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, 2018.

SILVA, L. F. D. O. Da et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 2012, 2012.

SILVA, R. L. Da et al. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 669–676, 2003.

SILVA, W. C. Da et al. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Mata das Galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 321–331, 2007.

SILVA, W. C. **Estimativas de tamanho ótimo de parcelas experimentais para cultura do taro (*Colocasia esculenta*)**. 2014. 59p. Tese (Doutor em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SKORUPA, A. L. et al. Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: Distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 11–22, 2012.

SMITH, H. F. An Empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. XXVIII, p. 1-23, 1938.

STORCK, L. et al. Tamanho ótimo de parcela em experimentos com milho relacionado a metodologias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, 2010.

THOMAS, S. C.; MARTIN, A. R. Carbon Content of Tree Tissues: A Synthesis. **Forests**, Basel, v. 3, n. 2, p. 332–352, 2012.

VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot Technique Studies on Sweetpotato Yield Trials. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 508–511, 1992.

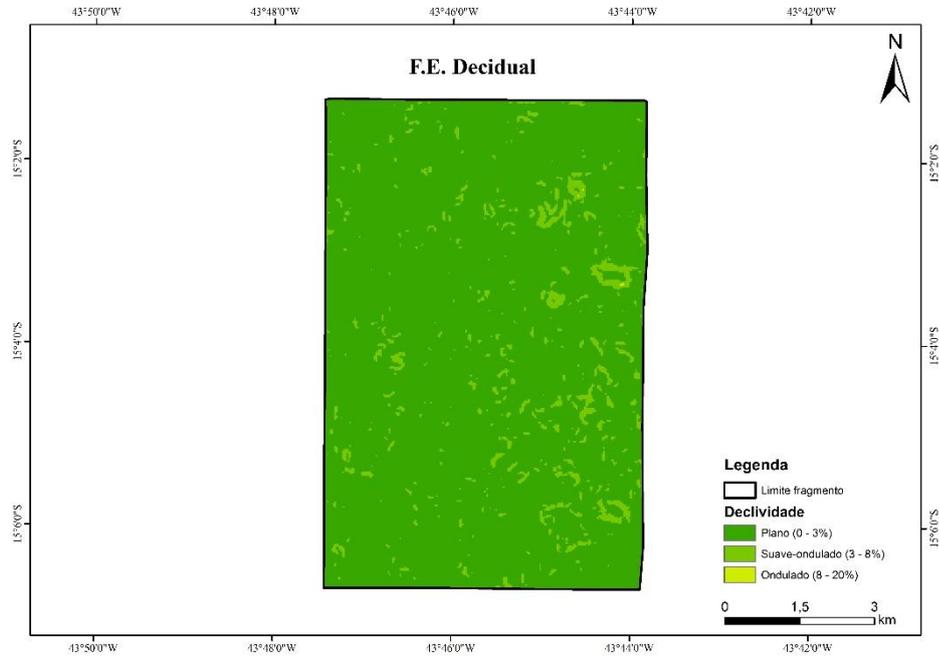
VELAZCO, J. E. S. et al. Florística e Fitossociologia de uma Floresta Estacional Semidecidual, Reserva Privada Osununú-Misiones, Argentina. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 1–12, 2015.

VIANA, A. E. S. et al. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 58–63, 2002.

ZHANG, R.; WARRICK, A. W.; MYERS, D. E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, v. 62, p. 183–197, 1994.

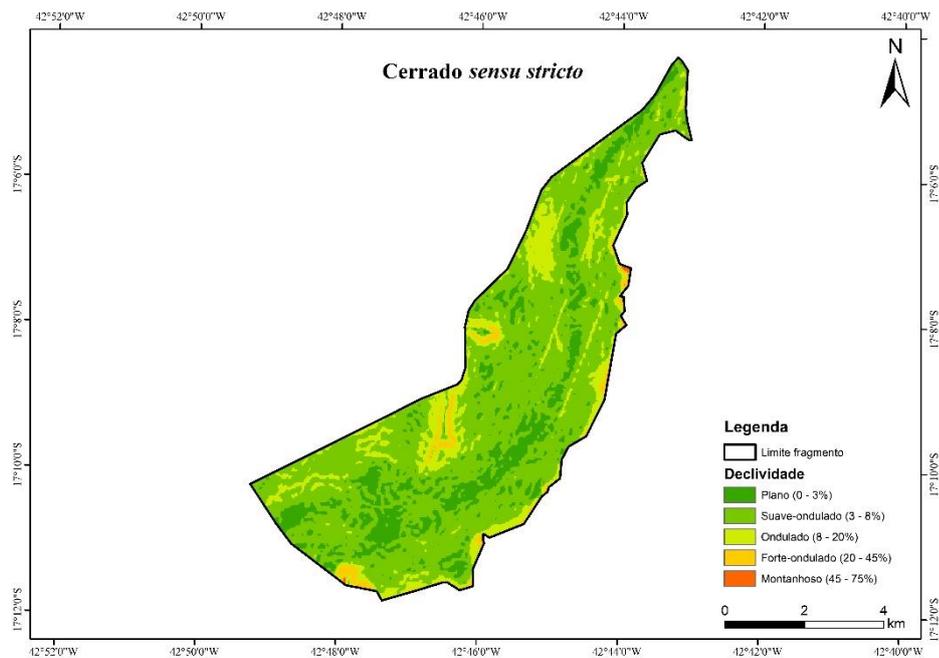
APÊNDICE A – Mapas de declividades dos fragmentos avaliados

Figura A. 1 Mapa de declividade da Floresta Estacional Decidual.



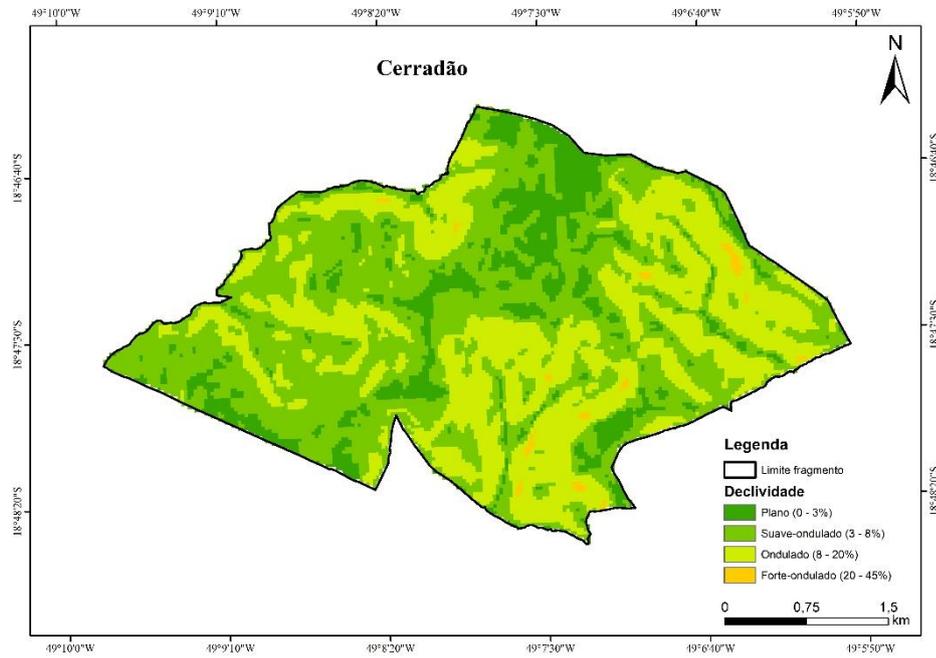
Fonte: Do autor (2019).

Figura A. 2 Mapa de declividade do Cerrado *sensu stricto*.



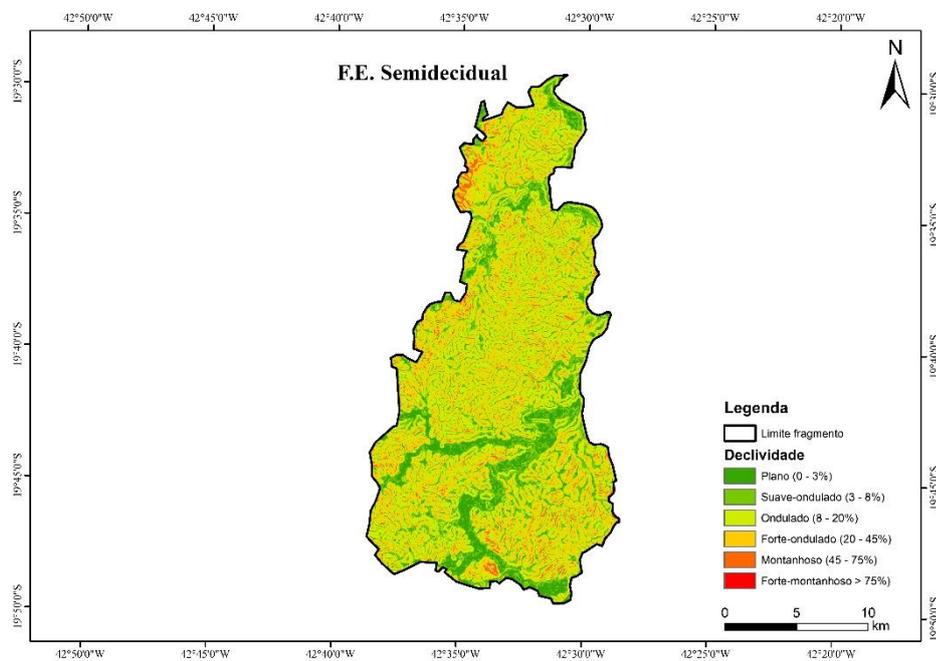
Fonte: Do autor (2019).

Figura A. 3 Mapa de declividade do Cerradão.



Fonte: Do autor (2019).

Figura A. 4 Mapa de declividade da Floresta estacional Semidecidual.



Fonte: Do autor (2019).

APÊNDICE B – Pseudocódigo do processamento em R

ENTRADA: dados (matriz base de dados composta por tamanho de parcela e coeficiente de variação), Mresult (matriz resultado que contém tamanho da parcela, coeficiente de variação e razão de quocientes), Mfito(matriz resultado da fitossociologia contendo Densidade Absoluta, Densidade Relativa, Dominância Absoluta, Dominância Relativa, Frequência Absoluta, Frequência Relativa e Valor de importância)

INICIO:

###---Lei Empírica de Smith (1938)---###

01: equação1 recebe o ajuste linear da lei empírica de Smith em dados

###---Método da Máxima Curvatura Modificado---###

02: equação2 recebe o ajuste não linear da máxima curvatura modificado em dados

03: a recebe primeiro parâmetro da equação2

04: b recebe segundo parâmetro da equação2

#Definição do ponto ótimo

05: ponto ótimo recebe $((a^2 * b^2 * (2 * b + 1)) / (b + 2))^{1 / (2 + 2 * b)}$

06: SQE recebe a soma de quadrado do erro da equação2

07: SQT recebe a soma de quadrado total da equação2

08: R2 recebe coeficiente de determinação da equação2

###---Método do Quociente de Razão---###

09: b0 recebe primeiro parametro da equação1

10: b1 recebe segundo parametro da equação1

11: Para i, ..., número de linhas de Mresult, faça:

12: j recebe $i * 100$

13: Mresult[i,1] recebe j

14: area <- Mresult[i,1]

15: cv recebe area aplicado a equação1

16: Mresult[i,2] recebe cv

17: Se Maux[i,1] igual a 100, faça:

18: razão recebe 0

19: Senão faça:

20: razão recebe Mresultad[i,2]/Mresultad[i-1,2]

21: Fim Senão

22: Mresult[i,3] recebe razão

23: Fim Se

24: Fim Para

###---Modelo Segmentado com resposta em Platô ---###

25: equação3 recebe o ajuste não linear do modelo segmentado com resposta platô

26: x0 recebe o platô

```

###---Processamento do Inventário ---###
27: área recebe área do fragmento
28: n recebe número de parcelas amostradas
29: proc(dados) recebe a base de dados
30: proc(inv) recebe o processamento inventário
---

###---Estimativa de Carbono---###
31: dados(carbono) recebe base de dados do inventário
32: lat recebe latitude do fragmento
33: long recebe longitude do fragmento
34: wd recebe densidades dos indivíduos de dados(carbono)
35: agb recebe biomassa acima do solo dos indivíduos de dados(carbono)
36: carbono recebe agb * fator de conversão em carbono
---

###---Fitossociologia---###
37: dados(fito) recebe base de dados do inventário
38: msp recebe espécies contidas em dados(fito)
39: área recebe área amostrada
40: Para i,..., tamanho(msp), faça:
41:   Se espécie de dados(fito) for igual a msp[i], faça:
42:     Mtemp recebe dados(fito)
43:   Fim se
44:   Mfito[i,1] recebe msp[i]
45:   Mfito[i,2] recebe densidade absoluta
46:   Mfito[i,4] recebe dominância absoluta
47:   Mfito[i,6] recebe frequência absoluta
48: Fim Para

49: Para i,..., tamanho(msp), faça:
50:   Mfito[i,3] recebe densidade relativa
51:   Mfito[i,5] recebe dominância relativa
52:   Mfito[i,7] recebe frequência relativa
53:   Mfito[i,8] recebe valor de importancia
54: Fim Para

55: H' recebe índice de Shannon-Wiener
56: J recebe equabilidade de Pielou
---
FIM

```