

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
CAMPUS MONTE CARMELO – UNIDADE ARARAS**

LARYSSA CAVASSANO BENETÃO

AVALIAÇÃO DA ÁREA DE UNIDADES AMOSTRAIS PARA O CERRADO:  
APLICAÇÃO PRÁTICA EM PROJETOS DE INTERVENÇÃO AMBIENTAL

MONTE CARMELO – MG  
2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**CAMPUS MONTE CARMELO – UNIDADE ARARAS**

LARYSSA CAVASSANO BENETÃO

**AVALIAÇÃO DA ÁREA DE UNIDADES AMOSTRAIS PARA O CERRADO:**

Aplicação prática em projetos de intervenção ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda

MONTE CARMELO – MG  
2024

LARYSSA CAVASSANO BENETÃO

AVALIAÇÃO DA ÁREA DE UNIDADES AMOSTRAIS PARA O CERRADO:

Aplicação prática em projetos de intervenção ambiental

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 23 de abril de 2024.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda  
Orientador

---

Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior  
Membro da Banca

---

Téc. Dr. Lidiomar Soares da Costa  
Membro da Banca

MONTE CARMELO – MG  
2024

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e as entidades, principalmente a Exu, pela minha vida e a oportunidade de estudar, pela força e proteção, por abrir meus caminhos e ser o guardião de cada passo que dei nele.

Aos meus pais, Renato e Ana, que a todo momento não deixaram de acreditar no meu sonho, fazendo de tudo para me dar a base necessária para a realização dele, nunca deixando de me incentivar. Sou grata por vocês e todos da minha família por entenderem minha ausência em momentos importantes e por sempre me ajudarem, seja apenas com uma palavra em um momento difícil, vocês são meu alicerce.

As minhas amigas, que se tornaram minha família em Minas Gerais. Vocês fizeram parte dos melhores, piores e mais importantes momentos nesses anos. Obrigada por me acolherem, me darem força e me ajudarem durante todos esses anos juntas. Vocês foram fundamentais, foram família, em especial a Ingridy, por colocar a Aurora em minha vida, vocês são luz e amor.

Ao meu orientador Prof. Rodrigo, por toda paciência, orientação, dedicação e ajuda, por confiar na minha capacidade, me incentivar e realizar esse momento comigo. Admiro muito o profissional e a pessoa que o senhor é. Também sou grata a todos os professores e técnicos que me ajudaram nessa jornada acadêmica, cada um foi essencial da sua maneira para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço à Cooperativa dos Cafeicultores do Cerrado de Monte Carmelo Ltda. (MontCCer), aos professores Milton e Antônio, e ao técnico Lidiomar por cederem as áreas e dados do projeto para que eu desenvolvesse meu trabalho de conclusão de curso. Obrigada a todos pelas contribuições no desenvolvimento do trabalho, principalmente ao Lidiomar que foi essencial nas coletas de dados em campo.

À Universidade Federal de Uberlândia e a Pró-reitora de Assistência Estudantil, sou grata pela oportunidade de realizar meu curso e pelos auxílios que me mantiveram no meu sonho.

Por fim, agradeço a cada um que me ajudou durante esse período, que Deus abençoe imensamente a vida de vocês. Apesar de toda dificuldade, finalmente me torno uma Engenheira Florestal.

“Ninguém é tão ignorante que não tenha algo a ensinar. Ninguém é tão sábio que não tenha algo a aprender.”

(Blaise Pascal)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Esquema de grupo de unidades amostrais retangulares com diferentes áreas, distribuídos em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 12
- Figura 2.** Lacs utilizados para a marcação de árvores em campo (a) e exemplo de numeração utilizada em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 14
- Figura 3.** Influência do tamanho de unidades amostrais sobre o coeficiente de variação do volume por árvore em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 22
- Figura 4.** Distribuições diamétrica para os tamanhos amostrais de 1.000 (a), 900 (b), 800 (c), 700 (d), 600 (e), 500 (f), 400 (g), 300 (h), 200 (i) e 100 m<sup>2</sup> (j), em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais..... 27
- Figura 5.** Influência da área amostral nos índices de Shannon-weaver (a), Máxima diversidade possível (b), Equabilidade de Pielou (c) e Simpsons (d), em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais..... 32
- Figura 6.** Curva de rarefação de espécies em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Coordenadas das reservas legais onde o estudo foi conduzido, nas três fazendas situadas no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	11
<b>Tabela 2.</b> Dimensões e áreas de unidades amostrais avaliadas em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	12
<b>Tabela 3.</b> Equações utilizadas para conversão dos estimares para hectare em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	15
<b>Tabela 4.</b> Expressões utilizadas nos cálculos da amostragem estratificada em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	16
<b>Tabela 5.</b> Expressões utilizadas na análise da fitossociologia e diversidade em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	18
<b>Tabela 6.</b> Índices de diversidade utilizados em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais .....	19
<b>Tabela 7.</b> Estatísticas descritivas e teste-t para variáveis obtidas em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	21
<b>Tabela 8.</b> Erro por estrato, intervalo de confiança, estimativas de volume por estrato, tamanho da amostra e coeficiente de variação obtidos em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais .....	23
<b>Tabela 9.</b> Resultados das estimativas, p-valor e teste-t para as variáveis número de árvores (N), volume de árvores (V) e área basal (G) por hectare, dos tamanhos amostrais em relação ao tamanho 1.000 m <sup>2</sup> em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo .....	25
<b>Tabela 10.</b> Análise da aderência das distribuições diamétricas para diferentes tamanhos amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais .....	28
<b>Tabela 11.</b> Número de espécies e famílias encontradas em todos os tamanhos amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais .....	28
<b>Tabela 12.</b> Estrutura vertical para todos os tamanhos amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	30
<b>Tabela 13.</b> Índices de diversidade e equabilidade para todos os tamanhos amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais .....	31

## RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e vem sendo explorado por diversos usos antrópicos, como a agricultura, mineração, urbanização, pastagem e silvicultura. Para controlar essa exploração e mitigar suas consequências negativas, diversas leis federais, estaduais e municipais foram propostas, as quais visam à preservação ambiental de áreas nativas ou de uso restrito do país. Para seguir essa legislação é importante a solicitação do Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental (DAIA), fazendo necessário a realização de inventário florestal quantitativo e qualitativo. A maioria das formações florestais apresentam população muito grande, fazendo-se necessária a amostragem. Esse processo avalia a floresta em sua totalidade a partir de dados coletados de uma fração dela. Embora a obrigatoriedade da execução do inventário florestal seja prevista por leis, não há menção ao tamanho mínimo das unidades amostrais. Dessa forma, torna-se fundamental a avaliação de diferentes tamanhos de unidades amostrais na obtenção de informações exigidas na legislação em levantamentos que integram um DAIA. Logo, esse trabalho teve como objetivo definir o tamanho mínimo de unidade amostral retangular capaz de estimar variáveis exigidas em legislação a compor um DAIA. O estudo foi desenvolvido na fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, em áreas de reserva legal de três fazendas presentes na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais. Conforme as características das áreas, na definição do desenho amostral, optou-se pelo processo de amostragem inteiramente aleatório e método amostral de área fixa, com unidades de amostra retangulares, inicialmente com dimensões de 20 x 50 m (1.000 m<sup>2</sup>). Posteriormente, unidades amostrais semelhantes serão lançadas iniciando no mesmo vértice inicial e com alocação interna, de modo que as unidades amostrais maiores englobem as menores. Como nenhum tamanho de unidade amostral foi capaz de atingir a suficiência amostral e os parâmetros de um projeto de intervenção ambiental, será preciso aumentar o número de unidades amostrais para todos os tamanhos amostrais. Porém, como a amostra de 800 m<sup>2</sup> apontou 32 unidades amostrais como tamanho ideal, sendo o menor resultado apresentado, e por possuir índices de diversidade estatisticamente similares as demais dimensões, sugere-se o lançamento de unidades amostrais de 800 m<sup>2</sup> para complementar os resultados desse estudo, a fim de obter suficiência amostral para seguir com todas as análises, com menor erro amostral e variância.

**Palavras-chave:** inventário florestal, amostragem, área fixa, cerrado.

## ABSTRACT

The Cerrado is the second largest Brazilian biome and has been exploited for various anthropogenic uses, such as agriculture, mining, urbanization, pasture, and forestry. In order to control this exploitation and mitigate its negative consequences, several federal, state, and municipal laws have been proposed, aiming at the environmental preservation of native areas or areas with restricted use in the country. To comply with this legislation, it is important to request the Environmental Intervention Authorization Document (DAIA), which necessitates the completion of quantitative and qualitative forest inventory. Most forest formations have a very large population, necessitating sampling. This process assesses the forest as a whole based on data collected from a fraction of it. Although the execution of forest inventory is mandated by law, there is no mention of the minimum size of sample units. Therefore, it is crucial to evaluate different sizes of sample units to obtain the required information in surveys that are part of a DAIA. Hence, this work aims to define the minimum size of rectangular sample units capable of estimating variables required by legislation to compose a DAIA. The study was conducted in the Cerrado *Sensu Stricto* physiognomy, in legal reserve areas of three farms located in the region of Monte Carmelo, Minas Gerais. Based on the characteristics of the areas, in defining the sampling design, we opted for the process of entirely random sampling and the fixed-area sampling method, with rectangular sample units initially with dimensions of 20 x 50 m (1,000 m<sup>2</sup>). Subsequently, similar sample units will be launched starting from the same initial vertex and with internal allocation, so that larger sample units encompass smaller ones. Since no size of sample unit was able to achieve sample sufficiency and the parameters of an environmental intervention project, it will be necessary to increase the number of plots for all sample sizes. However, as the sample of 800 m<sup>2</sup> indicated 32 plots as the ideal size, being the smallest result presented, and having statistically similar diversity indices to the other dimensions, it is suggested to launch 800 m<sup>2</sup> plots to complement the results of this study, in order to obtain sample sufficiency for all analyses, with lower sampling error and variance.

**Keywords:** forest inventory, sampling, fixed area, cerrado.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
3.1 Área de estudo.....	11
3.2 Caracterização do meio abiótico .....	13
3.3 Trabalho de campo .....	13
3.4 Processamento .....	15
3.5 Fitossociologia .....	17
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
4.1 Estatísticas Descritivas .....	20
4.2 Erro de amostragem, intervalo de confiança para volume, estimativas de volume por estrato e tamanho da amostra.....	23
4.3 Estimativas das variáveis por hectare e teste t .....	24
4.4 Distribuição diamétrica e teste KS .....	26
4.5 Estrutura horizontal e vertical .....	28
4.7 Análise da diversidade e curva de rarefação de espécies .....	30
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	34
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	35
<b>ANEXO I</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e apresenta invernos secos e verões chuvosos. De modo geral, seu clima é classificado como Aw na escala de Köppen-Geiger (tropical chuvoso) e sua área retém grande variação espacial em relação à disponibilidade hídrica, apresentando diversas nascentes em toda sua grandeza (Ribeiro; Walter, 1998; Albuquerque; Silva, 2008). Apesar da sua extensão de 203.924.100 ha, o bioma vem sendo explorado por diversos usos antrópicos, como a agricultura, mineração, urbanização, pastagem e silvicultura. Assim, a consequência desse avanço da exploração e ocupação são florestas e outras fisionomias sendo tomadas com a diminuição da área de vegetação nativa (Sano *et al.*, 2020).

Para controlar essa exploração e mitigar suas consequências negativas, diversas leis federais, estaduais e municipais foram propostas, as quais visam à preservação ambiental de áreas nativas ou de uso restrito do país. Alguns exemplos de legislação vigentes no âmbito ambiental no estado de Minas Gerais são a Legislação Mineira, Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, o Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019, que dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências e a Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 3.102, de 26 de outubro de 2021, que dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

Essas leis estão dispostas no *site* da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM). Segundo o Decreto Estadual 47.749/2019 Art. 3º, a intervenção ambiental só é passível de autorização quando:

“I – Supressão de cobertura vegetal nativa, para uso alternativo do solo; II – intervenção, com ou sem supressão de cobertura vegetal nativa, em Áreas de Preservação Permanente – APP; III – supressão de sub-bosque nativo, em áreas com florestas plantadas; IV – manejo sustentável; V – destoca em área remanescente de supressão de vegetação nativa; VI – corte ou

aproveitamento de árvores isoladas nativas vivas; VII – aproveitamento de material lenhoso”.

A complexidade do processo de solicitação de autorização de intervenção ambiental varia, entre outras coisas, de acordo com o tamanho da área, o bioma e a fitofisionomia da área, e um dos principais instrumentos legais aplicados a isso é Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental (DAIA). O DAIA é exigido para casos em que a intervenção ocorra em áreas iguais ou superiores a 10 ha, sendo necessária a apresentação de um projeto de intervenção, incluindo o inventário florestal quantitativo e qualitativo, acompanhados da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART (Brasil, 2021).

O Inventário Florestal é uma etapa necessária para analisar, utilizando técnicas estatísticas de amostragem, as características qualitativas e quantitativas de uma floresta, seja nativa ou plantada. Nesses casos, os dados a serem coletados e processados são a circunferência à altura do peito e o respectivo diâmetro à altura do peito, a altura, o volume e a identificação das espécies – com o nome científico e família (Floriano, 2021; Brasil, 2021).

No processamento do inventário florestal, além da mensuração do diâmetro das árvores, temos a sua distribuição diamétrica, que se refere à análise da distribuição das árvores em uma floresta com base nos diâmetros dos fustes. É uma medida importante para compreender a estrutura e a composição da floresta, bem como para avaliar sua dinâmica e potencial de manejo sustentável. A distribuição diamétrica é um requisito específico para todas as intervenções, ela pode ser solicitada como parte dos estudos ambientais exigidos, especialmente em casos de manejo florestal ou exploração de recursos naturais, onde é importante avaliar a estrutura e a composição da vegetação (Schaaf *et al.*, 2006; Lana, 2013).

Por conta da maioria das formações florestais apresentarem uma população muito grande, faz necessária a realização de amostragem. Esse processo avalia a floresta em sua totalidade a partir de dados coletados de uma fração dela (Floriano, 2021). Esses dados devem ser suficientes para representar toda a população florestal. Devido a isso, são realizados cálculos para saber quantas unidades amostrais devem ser instaladas e o tamanho delas. Além da preocupação com quantidade e tamanho, diferentes métodos de amostragem podem ser utilizados. O método de amostragem mais utilizado no Brasil é o de área fixa, sobretudo para florestas nativas. Nesse na mesma amostragem, apresentam mesma forma e dimensão (Floriano, 2021).

Embora as unidades amostrais possam ser de formas quadrada, retangular e circular, a forma retangular tem sido utilizada com maior frequência em florestas nativas. Em relação a área da unidade amostral, uma escolha adequada é fundamental, os critérios de escolha estão relacionados ao objetivo do inventário, por estarem diretamente relacionados às considerações de tempo, custos e precisão dos resultados obtidos, afetando, assim, a confiabilidade das estimativas. Em termos de custos, um tamanho amostral maior exigirá custos maiores para coletar e processar os dados. Por outro lado, um tamanho amostral muito pequeno pode levar a uma falta de representatividade dos resultados e imprecisão nas estimativas, sendo necessário a volta ao campo (Scolforo *et al.*, 2008).

Com o processo escolhido, deve-se utilizar um dos métodos de amostragem. O de área fixa permite análises quantitativas mais diretas, tornando-as mais utilizadas em inventários que visam avaliar a produção em área basal, volume, biomassa, carbono ou avaliar a dinâmica da vegetação (Felfili *et al.*, 2013).

Salvo os processos e métodos de amostragem, tem-se a análise qualitativa da floresta, que diz respeito a sua estrutura espacial, as relações entre as árvores, a composição florística e o estágio sucessional. A estrutura horizontal traz informações sobre o ciclo evolutivo da floresta e possui diversos parâmetros para análise, sendo eles a distribuição diamétrica, densidade (número de árvores por hectare), dominância (expressa o grau de ocupação da área da floresta por cada espécie), frequência (mede a distribuição de cada espécie, em termos percentuais, sobre a área), valor de importância (soma das estimativas de densidade e dominância relativas), valor de cobertura (combinação dos valores relativos de densidade, dominância e frequência) (Souza; Soares, 2013).

Embora a obrigatoriedade da execução do inventário florestal seja prevista por leis, não há menção ao tamanho mínimo e o número das unidades amostrais. Dessa forma, torna-se fundamental a avaliação de diferentes tamanhos de unidades amostrais na obtenção de informações exigidas na legislação em levantamentos que integram um DAIA.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Definir o tamanho mínimo de uma unidade amostral retangular capaz de estimar variáveis exigidas em legislação a compor um documento autorizativo de intervenção ambiental (DAIA).

### **2.2 Objetivos específicos**

- Calcular o erro de amostragem relativo para cada configuração amostral avaliada;
- Analisar as variáveis dendrométricas para cada configuração amostral avaliada;
- Analisar as variáveis de povoamento para cada configuração amostral avaliada;
- Verificar da intensidade amostral para cada configuração amostral avaliada;
- Análise comparativa de parâmetros de estrutura horizontal e vertical para cada configuração amostral avaliada;
- Capacidade de descrição da estrutura do povoamento por meio da distribuição diamétrica para cada configuração amostral avaliada.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

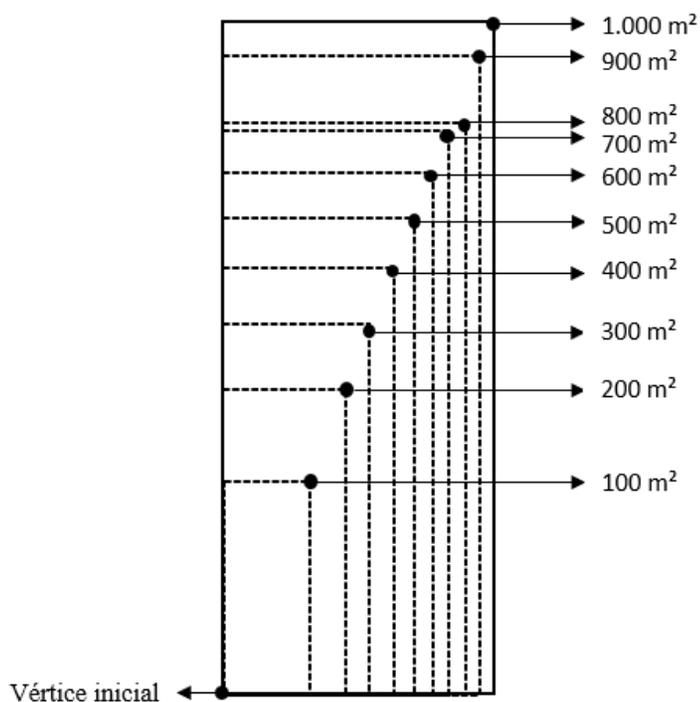
#### 3.1 Área de estudo

Segundo o IBGE (2019), dentro da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e com área territorial de 1.343,035 km<sup>2</sup>, Monte Carmelo está inserido no bioma Cerrado, entre as coordenadas geográficas de 18°32' Sul e 47°45' Oeste, 19°00' Sul e 47°15' Oeste, de altitude média de 890 m. O estudo foi desenvolvido em áreas de Reserva Legal de três fazendas presentes no município de Monte Carmelo, Minas Gerais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Coordenadas das reservas legais onde o estudo foi conduzido, nas três fazendas situadas no município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Fazenda	Coordenadas	
Água Limpa	-25.487.086	-49.314.080
União	-25.491.736	-49.315.931
Vitória III	-25.521.081	-49.350.229

Conforme as características das áreas, na definição do desenho amostral, optou-se pelo processo de amostragem inteiramente aleatório e método amostral de área fixa, com unidades de amostra retangulares, inicialmente com dimensões de 20 x 50 m (1.000 m<sup>2</sup>), que tomaram novas medidas durante o processamento, conforme indicado na Figura 1. As estimativas obtidas para as unidades amostrais de 1.000 m<sup>2</sup> foram consideradas como parâmetros, servindo de base para comparação com os resultados obtidos com as demais unidades amostrais.



**Figura 1.** Esquema de grupo de unidades amostrais retangulares com diferentes áreas, distribuídos em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Para as unidades amostrais retangulares, a relação entre o comprimento e largura (C/L) foi de 2,5, independente de sua área. As dimensões para cada configuração de tamanho de unidade amostral estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dimensões e áreas de unidades amostrais avaliadas em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Alternativa	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	20,00	50,00	1.000,00
2	18,97	47,43	900,00
3	17,89	44,72	800,00
4	16,73	41,83	700,00
5	15,49	38,73	600,00
6	14,14	35,36	500,00
7	12,65	31,62	400,00
8	10,95	27,39	300,00
9	8,94	22,36	200,00
10	6,32	15,81	100,00

### 3.2 Caracterização do meio abiótico

Conforme a classificação de Koppen-Geiger o clima é Aw quente e úmido, ou seja, o município apresenta clima tropical, com temperatura média anual entre 17 e 23 °C. Ao longo do ano, os valores de temperatura e precipitação diária variam intensamente, a temperatura máxima média diária nos meses mais quentes é acima de 29 °C (setembro a novembro) e 26 °C nos meses mais frios (maio a julho) (Weatherspark, 2015; Santos, 2017).

A região do estudo pertence a Bacia do Rio Paranaíba, que abrange aproximadamente 30% do estado de Minas Gerais, tendo como principais rios o Rio Perdizes, Rio Dourados e o Ribeirão São Félix. Dentre os mananciais que constituem o abastecimento do município, destacam-se a Barragem Mumbuca e Barragem Santa Bárbara, ambas classificadas como não vulneráveis, dando um índice de segurança hídrica máxima (SNIRH/ANA, 2021; Harano et al., 2018).

No Córrego Mumbuca predominam os depósitos detríticos indiferenciados, mas o complexo Monte Carmelo também possui granitos a duas micas. O complexo Abadia dos Dourados, Grupo Bauru, Grupo Araxá, Suíte Monte Carmelo e Formação Serra Geral são unidades geológicas do município, este que apresenta um relevo caracterizado pelo Planalto Arenítico-Basáltico da Bacia do Paraná, com uma topografia predominantemente plana ou pouco ondulada. Essa região é composta geologicamente por rochas sedimentares, principalmente arenito, provenientes do período cretáceo da formação Bauru. Os solos na área variam entre arenosos e argilosos, com predominância de latossolos vermelhos escuros distróficos e latossolos roxos distróficos, exibindo diferentes níveis de fertilidade. (Barbosa et al., 1970 apud Lopes *et al*, 2011; Harano et al., 2018; Guerrero, 2020;).

### 3.3 Trabalho de campo

O trabalho de campo constituiu-se da localização, demarcação e coleta das variáveis dendrométricas nas unidades amostrais. Para isso, utilizou-se o GPS para localizar essas unidades e eventual coleta de coordenadas. Para a demarcação das unidades amostrais, um facão foi utilizado para abertura de picadas, além de cruzetas, estacas, marretas, trenas, barbantes e tintas.

Após a instalação das unidades amostrais em campo, em cada uma foi realizada a mensuração das variáveis dendrométricas de interesse, sendo a circunferência à altura do peito –

CAP e a altura total – h, das árvores que apresentaram a CAP igual ou maior que 15,71 cm (equivalente a um diâmetro de 5,0 cm). A CAP foi convertida no diâmetro à altura do peito (d), pela expressão  $d = CAP \pi^{-1}$ . Para medição da CAP, uma fita métrica e uma trena foram utilizadas, a depender da circunferência da árvore. No caso da altura total, uma vara graduada e um hipsômetro Haglof ECII foram utilizados.

As árvores que atenderam o critério de inclusão foram etiquetadas e identificadas. Para a identificação em campo, observou-se as características dendrológicas, como as folhas, frutos, inflorescência, casca, lenho e exsudações. As árvores que não foram identificadas *in loco*, acarretaram a necessidade da coleta de uma amostra (exsicata) e fotografá-la. A identificação do material botânico foi realizada com auxílio de docentes da Universidade Federal de Uberlândia, curso de Engenharia Florestal, campus Monte Carmelo e de literatura especializada. Para etiquetar as árvores mensuradas, lacres de malote com numeração padrão foram utilizados (Figura 2).



**Figura 2.** Lacres utilizados para a marcação de árvores em campo (a) e exemplo de numeração utilizada em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Após a instalação dessas unidades amostrais, registrou-se a distância de cada árvore em relação ao eixo x (largura) e y (comprimento). Esse procedimento possibilitou a localização das árvores inseridas em cada unidade amostral, por meio dos pares de coordenadas x e y, tendo o vértice inicial como a origem (0, 0).

### 3.4 Processamento

Com os dados inseridos no programa *Microsoft Excel*, a CAP foi convertida para d. Na sequência, a área basal por árvore ( $g_i$ ) foi calculada por meio da expressão:

$$g_i = \frac{d^2 * \pi}{40.000}$$

Em que:  $g_i$  = área transversal por árvore ( $m^2$ );  $d$  = diâmetro à altura do peito (cm).

Feito isso, estimou-se o volume pela equação desenvolvida para região do Cerrado pelo relatório da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1995), sendo ela:

$$v_i = 0,000064 \times d^{1,931804} \times h$$

Em que:  $v_i$  = o volume total com casca por árvore ( $m^3$ );  $h$  = altura total (m).

De posse de estimativas por árvore e por unidade amostral, o fator de proporcionalidade (F) foi utilizado para a obtenção dessas estimativas por unidade de área (hectare). Esse fator expressa quantas vezes as variáveis coletadas em uma unidade amostral podem representar em um hectare, expresso por  $F = A a^{-1}$ , sendo “A” a área de 10.000  $m^2$  e “a” a área da unidade amostral (em  $m^2$ ). Por meio desta variável obteve-se os estimadores de número de árvores (N), área basal (G) e volume (V), por hectare (Tabela 3).

**Tabela 3.** Equações utilizadas para conversão dos estimares para hectare em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Variável	Estimadores
Número de árvores (N)	$N \text{ ha}^{-1} = n_j \times F$
Área basal (G)	$G \text{ ha}^{-1} = \left( \sum_{j=1}^n g_i \right) \times F$
Volume (V)	$V \text{ ha}^{-1} = \left( \sum_{j=1}^n v_i \right) \times F$

Em que:  $n$  = número de árvores da  $j$ -ésima unidade amostral;  $g_i$  = área transversal da árvore inserida na  $j$ -ésima unidade amostral;  $v_i$  = volume total com casca da árvore inserida na  $j$ -ésima unidade amostral.

Apesar de as unidades amostrais estarem inseridas na mesma região e fitofisionomia, após a análise dos volumes por unidade amostral, uma pós estratificação foi realizada. A vegetação foi estratificada com base nas classes de volume juntamente com uma análise visual da área de estudo, por meio do *software Qgis*. A área total de 74,70 hectares foi dividida em 2 estratos, o primeiro com área igual a 21,75 ha e o segundo com 52,95 ha. Os cálculos da amostragem estratificada foram realizados pelas expressões descritas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Expressões utilizadas nos cálculos da amostragem estratificada em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Índice	Expressões
Peso por Estrato	$W_h = \frac{A_h}{A}$
Média por Estrato	$\bar{X}_h = \frac{\sum X_{ih}}{nh}$
Média Estratificada	$\bar{x}_{st} = \frac{\sum N_h * \bar{x}_h}{N}$
Variância por Estrato	$S^2_h = \frac{\sum (X_{ih} - \bar{x}_h)^2}{nh - 1}$
Variância da Média Estratificada	$S^2_{\bar{x}(st)} = \sum \left[ \frac{W^2_h * S^2_h}{nh} \right]$
Erro Padrão da Média dos Estratos	$S_{\bar{x}(st)} = \sqrt{S^2_{\bar{x}(st)}}$
Erro de Amostragem Absoluto	$EA = \pm t \times S_{\bar{x}(st)}$
Erro de Amostragem Relativo	$ER = \left( \frac{\pm t * S_{\bar{x}(st)}}{\bar{x}_{st}} \right) * 100$
Intervalo de Confiança	$IC = [\bar{x}_{st} - t * S_{\bar{x}(st)} \leq \bar{x}_{st} \leq \bar{x}_{st} + t * S_{\bar{x}(st)}]$

Em que:  $W_h$  = Peso por Estrato;  $A_h$  = Área do estrato;  $A$  = Área total;  $\bar{X}_h$  = Média por estrato;  $h$  = Índice do estrato;  $nh$  = Número total de unidades amostradas em cada estrato;  $x_{ih}$  = Média por índice de estrato;  $W^2_h$  = proporção do estrato na população;  $S^2_h$  = Variância por estrato;  $S^2_{\bar{x}(st)}$  = Variância da média estratificada;  $S_{\bar{x}(st)}$  = Erro padrão da média estratificada;  $t$  =  $t$  de Student (90%);  $\bar{x}_{st}$  = Média estratificada;  $N_h$  = Número total de unidades amostradas em cada estrato;  $N$  = Número total potencial de unidades da população.

Além disso, devido as florestas nativas terem grande variação nas variáveis dendrométricas, o conhecimento da sua dispersão (variação) é importante para o entendimento de como ela se encontra. Para expressá-la, o coeficiente de variação foi utilizado (Soares *et al.*, 2012), expresso por:

$$CV = \frac{S_h}{\bar{X}_h} * 100$$

Em que: CV = coeficiente de variação, em %; Sh = desvio padrão por estrato h;  $\bar{X}_h$  = média aritmética do volume por estrato h.

Para analisar a estrutura da floresta, realizou-se a distribuição diamétrica por estrato e para a população, para todos os tamanhos de unidades amostrais sob estudo. As classes foram definidas considerando uma amplitude de 5,0 cm.

O tamanho da amostra foi calculado para a população e realocado para cada estrato, de acordo com as expressões da alocação de Neyman (Sanquetta *et al.*, 2023), a qual leva em consideração o tamanho do estrato e a respectiva variabilidade. Esses cálculos foram realizados para uma precisão de 10% e probabilidade de 90%, conforme exigido no termo de referência para elaboração de projetos de intervenção ambiental no termo de referência no estado de Minas Gerais.

Para avaliar a similaridade dos diferentes tamanhos de unidade amostral em comparação com o tamanho de 1.000 m<sup>2</sup>, dois testes estatísticos foram utilizados. O teste-t de *Student* foi utilizado na comparação das médias de duas amostras em pares, ou seja, se há diferença estatística ou não dos dados. O teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) foi utilizado para avaliar a aderência das distribuições diamétricas. Esses testes foram realizados com 5% de significância.

### 3.5 Fitossociologia

Utilizando os dados coletados, parâmetros fitossociológicos foram calculados. Estes parâmetros utilizaram o número de árvores amostradas (N), número de árvores amostradas da i-ésima espécie (ni), número de espécies amostradas (S), área amostrada (A), área basal da i-ésima espécie (AB), número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre (ui), número total de

unidades amostrais (ut). Essas informações possibilitaram o cálculo dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal apresentados no Tabela 5.

**Tabela 5.** Expressões utilizadas na análise da fitossociologia e diversidade em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Variável	Unidade	Expressões
Densidade Absoluta	n/ha	$D_{ai} = \frac{n_i}{A}$
Densidade Relativa	%	$DR = \frac{D_{ai}}{\sum D_{ai}} * 100$
Dominância Absoluta	m <sup>2</sup> /ha	$Do_{ai} = \frac{AB_i}{A}$
Dominância Relativa	%	$Do_{ri} = \frac{Do_{ai}}{\sum Do_{ai}} * 100$
Frequência Absoluta	%	$FA_i = \left( \frac{u_i}{ut} \right) * 100$
Frequência Relativa	%	$FR_i = \left( \frac{FA_i}{\sum FA_i} \right) * 100$
Índice de Valor de Importância	%	$IVI = \frac{DR_i + Do_{ri} + FR_i}{3}$
Índice de Valor de Cobertura	%	$IVC = \frac{DR_i + Do_{ri}}{2}$

Em que: N = número de árvores amostradas; ni = número de árvores amostradas da i-ésima espécie; S = número de espécies amostradas; A = área amostrada; AB = área basal da i-ésima espécie; ui = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre; ut = número total de unidades amostrais (ut)

Para a determinação dos limites dos estratos da estrutura vertical da população, a média da altura total máxima ( $\bar{x}Ht$  máx.) das árvores e o respectivo desvio-padrão (S) foram utilizados. O cálculo dessa altura total máxima se deu a partir da altura do fuste de maior altura.

Além disso, realizou-se a análise da diversidade da população, empregando-se os índices de Shannon-Weaver, máxima diversidade possível, Simpson e de equabilidade de Pielou (Tabela 6). O Simpson (S') e o Shannon-Weaver (H') são índices de quantificação da riqueza e uniformidade da diversidade, sendo que quanto maior o valor de H', maior será a diversidade florística da população, enquanto na interpretação de S' temos que quanto mais próximo de 1,0 menor será a diversidade de espécies. No índice de equabilidade de Pielou (J), o valor 1,0 representa a máxima diversidade, onde todas as espécies são igualmente abundantes (Da Silva, 2022).

**Tabela 6.** Índices de diversidade utilizados em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Índice	Expressão
Shannon – Weaver (H')	$H' = N * \ln(N) - \sum ni * \ln(ni)$
Máxima Diversidade Possível (Ln(S))	$H'_{max} = \ln(S)$
Simpson (S')	$S' = 1 - \sum \frac{ni * (ni - 1)}{N * (N - 1)}$
Equabilidade de Pielou (J)	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$

Em que: N = Número total de árvores amostrados; ni = Número total de árvores por espécie.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estatísticas Descritivas

Na análise das médias aritméticas das variáveis diâmetro (d), altura (h), volume por indivíduo (vi) e área basal por indivíduo (gi) das unidades amostrais de 900 a 100 m<sup>2</sup> em relação às médias obtidas para as unidades de 1.000 m<sup>2</sup>, observou-se que não houve diferença significativa conforme o teste-t (Tabela 7). A diferença entre o diâmetro médio da unidade amostral de 1.000 m<sup>2</sup> em relação a de 100 m<sup>2</sup> foi igual a 0,78 cm, demonstrando uma mudança não significativa. Essa proximidade também pode ser observada em sua variação, cujos valores de coeficiente de variação (CV%) foram muito próximos.

A altura média para todos os tamanhos de unidade amostral, exceto os três menores, apresentou coeficientes de variação semelhantes, variando de 14,42 a 16,40%. O maior valor encontrado foi de 3,97 metros na área de 1.000 m<sup>2</sup>. O volume individual médio apresentou resultados próximos, com uma diferença de 0,0062 m<sup>3</sup>, assim como a área basal individual que variou apenas 0,0012 m<sup>2</sup> entre o maior e o menor tamanho de unidade amostral. E com base na análise pelo teste-t, além de resultados tão semelhantes visualmente, nenhuma diferença estatística foi encontrada, corroborando com a similaridade dos resultados das demais áreas em relação a de 1.000 m<sup>2</sup>.

**Tabela 7.** Estatísticas descritivas, valores mínimos, médios e máximos, coeficiente de variação (CV%) e teste-t entre as unidades amostrais de 1000 m<sup>2</sup> e demais tamanhos de área para variáveis obtidas em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

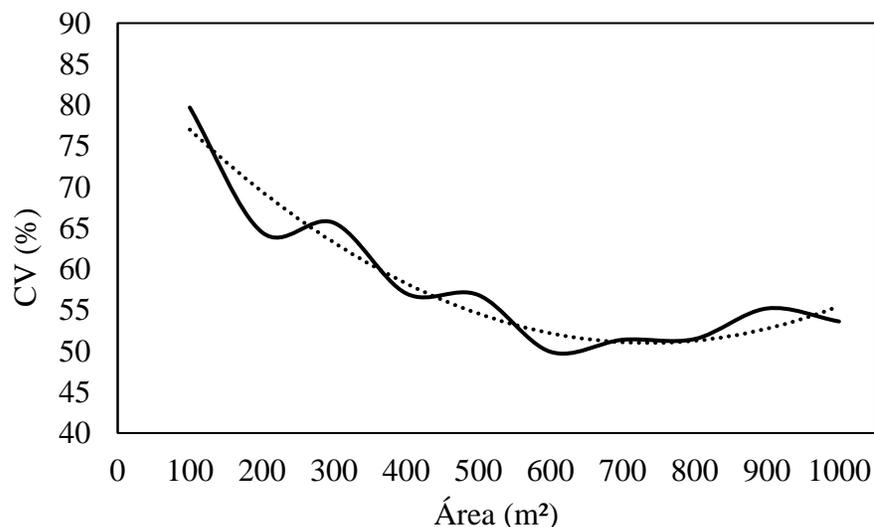
Área (m <sup>2</sup> )	Variável	Mínimo	Médio	Máximo	CV (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Variável	Mínimo	Médio	Máximo	CV (%)
1.000	d	6,89	8,87	12,35	21,54	500	d	6,14	8,76 <sup>ns</sup>	12,37	20,54
	h	3,32	3,97	5,09	16,40		h	3,28	3,90 <sup>ns</sup>	4,99	15,62
	vi	0,0156	0,0330	0,0725	59,38		vi	0,0121	0,0319 <sup>ns</sup>	0,0628	53,58
	gi	0,0058	0,0097	0,0184	47,72		gi	0,0048	0,0095 <sup>ns</sup>	0,0167	42,69
900	d	6,80	8,85 <sup>ns</sup>	12,21	20,87	400	d	6,20	8,74 <sup>ns</sup>	12,36	19,91
	h	3,32	3,94 <sup>ns</sup>	5,08	16,17		h	3,28	3,91 <sup>ns</sup>	5,00	14,62
	vi	0,0156	0,0330 <sup>ns</sup>	0,0672	56,17		vi	0,0127	0,0336 <sup>ns</sup>	0,0615	52,29
	gi	0,0058	0,0097 <sup>ns</sup>	0,0175	45,92		gi	0,0050	0,0099 <sup>ns</sup>	0,0165	42,73
800	d	6,51	8,90 <sup>ns</sup>	12,29	21,55	300	d	6,16	8,75 <sup>ns</sup>	13,51	22,71
	h	3,38	3,95 <sup>ns</sup>	5,02	15,55		h	2,92	3,82 <sup>ns</sup>	4,94	18,59
	vi	0,0161	0,0339 <sup>ns</sup>	0,0693	56,88		vi	0,0127	0,0339 <sup>ns</sup>	0,0734	58,52
	gi	0,0058	0,0099 <sup>ns</sup>	0,0181	47,43		gi	0,0051	0,0101 <sup>ns</sup>	0,0189	45,19
700	d	6,60	8,94 <sup>ns</sup>	12,84	21,19	200	d	6,05	8,16 <sup>ns</sup>	13,88	27,04
	h	3,44	3,96 <sup>ns</sup>	4,96	14,42		h	2,13	3,67 <sup>ns</sup>	4,81	22,32
	vi	0,0164	0,0338 <sup>ns</sup>	0,0679	54,03		vi	0,0128	0,0309 <sup>ns</sup>	0,0802	72,34
	gi	0,0058	0,0100 <sup>ns</sup>	0,0189	45,65		gi	0,0051	0,0094 <sup>ns</sup>	0,0197	53,12
600	d	6,62	8,95 <sup>ns</sup>	12,99	21,54	100	d	6,05	8,09 <sup>ns</sup>	12,92	23,66
	h	3,34	3,94 <sup>ns</sup>	5,04	14,93		h	2,13	3,56 <sup>ns</sup>	4,71	21,20
	vi	0,0162	0,0343 <sup>ns</sup>	0,0714	55,45		vi	0,0119	0,0281 <sup>ns</sup>	0,0502	50,88
	gi	0,0059	0,0102 <sup>ns</sup>	0,0194	47,46		gi	0,0051	0,0090 <sup>ns</sup>	0,0147	35,41

Em que: d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura (m); vi = volume total com casca por árvore (m<sup>3</sup>); gi = área basal por árvore (m<sup>2</sup>); ns = não significativo.

Segundo Jorge e Eufrade Junior (2023), em plantios de eucalipto foi relatado o comportamento de diminuição do coeficiente de variação do volume até sua estabilização, com aumento do tamanho da área das unidades de amostra. Um resultado similar foi encontrado por Goffe (2015), no estudo realizado em florestas nativas de Cerrado em Itatinga – SP, em que a estabilidade do CV do diâmetro foi observada a partir de 400 m<sup>2</sup>, onde os valores se mantiveram constantes com o aumento da área da unidade amostral.

Neste estudo, observa-se decréscimo do CV% do volume com o aumento da área das unidades amostrais, representando uma tendência esperada. De forma mais evidente pela curva de tendência, o início da estabilização da curva se encontra entre a área de 600 e 700 m<sup>2</sup>. Por essa análise, o tamanho mínimo de uma unidade amostral para a estimativa de volume deve ser de 600 m<sup>2</sup>.

Após atingir o valor mínimo o coeficiente aumenta, o que significa que não é necessário lançar unidades amostrais maiores, somente corrigir a suficiência amostral. Conforme ressaltado por Jorge e Eufrade Junior (2023), outros fatores são importantes na escolha do tamanho de unidades amostrais, dentre eles, a experiência da equipe de trabalho e avaliação do tempo de caminamento, instalação e medições nas unidades de diferentes tamanhos.



**Figura 3.** Comportamento observado do coeficiente de variação do volume por árvore (linha contínua) em relação a sua linha de tendência (linha pontilhada) para áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

#### 4.2 Erro de amostragem, intervalo de confiança para volume, estimativas de volume por estrato e tamanho da amostra

Para avaliação e comparação entre as diferentes amostras foram calculados a suficiência amostral, o erro de amostragem, a média, as estimativas e o coeficiente de variação dos volumes (Tabela 8). Com o lançamento de 10 unidades amostrais, o erro relativo da amostragem estratificada ficou acima de 10% independentemente do tamanho da amostra, este que é o erro mínimo requerido pelo IEF num processo de intervenção ambiental. O erro se manteve abaixo de 30% a partir da amostra 400 m<sup>2</sup>, sendo acima deste percentual para os tamanhos de 100, 200 e 300 m<sup>2</sup>.

**Tabela 8.** Erro relativo da amostragem, estimativas de volume média e por estrato, número ideal de unidades amostrais, e coeficiente de variação amostrais por tamanho de área de unidade amostral, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Área (m <sup>2</sup> )	Erro (%)	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )			n ideal (Neyman)	CV (%)
		Média	Estrato 1	Estrato 2		
1.000	27,49	25,39	14,36	29,92	43	38,00
900	27,68	26,12	14,31	30,98	44	38,48
800	22,32	25,79	14,02	30,63	32	34,17
700	24,87	25,73	14,79	30,23	38	37,24
600	25,27	25,22	15,00	29,43	39	36,68
500	28,92	25,15	14,14	29,68	51	43,81
400	28,92	26,29	14,91	30,96	52	44,92
300	36,92	26,40	13,93	31,52	72	48,70
200	40,72	22,61	13,44	26,38	84	50,15
100	49,21	22,82	12,00	27,27	125	64,48

Para atingir a suficiência amostral de um projeto de intervenção ambiental, será preciso aumentar o número de unidades amostrais para todos os tamanhos amostrais. Porém, a área de 800 m<sup>2</sup> apontou 32 unidades amostrais, sendo o menor número apresentado, até quando comparado com a maior área (1.000 m<sup>2</sup>), que precisará de 11 unidades amostrais a mais do que o tamanho de unidade supracitado para atingir o erro mínimo. Seu coeficiente de variação dos volumes também obteve o menor resultado, alcançando um percentual de 34,17, diferença de 88,7% em relação a menor área (100 m<sup>2</sup>)., considerando o mesmo número de unidades amostrais.

Com base nos resultados da Tabela 8, é possível sugerir que unidades amostrais com 800 m<sup>2</sup> tende a apresentar melhores resultados para a vegetação do Cerrado *Sensu Stricto*. Dentre seus melhores resultados, o que afeta diretamente o tempo, custo e mão de obra em campo de um projeto, foi o número ideal de amostras para atendimento do erro a 10%.

Além do cálculo do tamanho da amostra, a análise do CV% do volume em função da área da unidade amostral foi realizada, apresentando um decréscimo da variação com o aumento da área das unidades amostrais, representando uma tendência esperada. Os menores valores que indicaram uma estabilização se encontram entre a área de 600 a 800 m<sup>2</sup>. Por essa análise, o tamanho mínimo de uma unidade amostral para a estimativa de volume deve ser de 600 m<sup>2</sup>. Após atingir o valor mínimo o coeficiente aumenta, o que significa que não é necessário lançar unidades amostrais maiores, somente corrigir a suficiência amostral. Conforme ressaltado por Jorge e Eufrade Junior (2023), outros fatores são importantes na escolha do tamanho de unidades amostrais, dentre eles, a experiência da equipe de trabalho e avaliação do tempo de caminamento, instalação e medições nas unidades de diferentes tamanhos.

### 4.3 Estimativas das Variáveis por Unidade de Área

As variáveis número de árvores (N), volume de árvores (V) e área basal (G) foram estimadas por hectare para todos os tamanhos de unidades amostrais, não sendo observadas diferenças significativas, para nenhuma das variáveis, nas comparações entre o maior tamanho de unidade amostral e os demais (Tabela 9).

Para analisar a similaridade estatística das estimativas das variáveis por hectare, dos tamanhos amostrais em relação ao tamanho 1.000 m<sup>2</sup>, foi aplicado o teste-t de duas amostras em par para médias (Tabela 9). Independentemente do tamanho da amostra ou variável analisada não foram encontradas diferenças estaticamente significativas.

O maior tamanho (1.000 m<sup>2</sup>) apresentou o valor de 779 árvores ha<sup>-1</sup>, enquanto o menor tamanho (100 m<sup>2</sup>) estimou 680 árvores ha<sup>-1</sup>. Os resultados dessa variável demonstraram um aumento com os tamanhos avaliados, logo, quanto maior a área amostrada maior a quantidade de árvores estimadas para a população. Houve apenas três tamanhos que fugiram do padrão, resultando em um decréscimo da densidade de árvores em relação ao tamanho que os antecederam.

Esse padrão não foi o mesmo para as outras estimativas. Para a área basal, o tamanho de 1.000 m<sup>2</sup> proporcionou estimativas maiores aos tamanhos de 100, 200 e 500 m<sup>2</sup>. Sua variação está entre 5,71 e 6,74 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Assim como a área basal, o volume expressou baixa variabilidade, sendo de 3,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Para a densidade de árvores, as unidades amostrais de maiores áreas (1.000 e 900 m<sup>2</sup>) demonstraram os máximos valores, as áreas basais superiores foram relatadas nos tamanhos de 900, 700 e 400 m<sup>2</sup> e os maiores volumes foram apresentados pelos tamanhos de 500 e 400 m<sup>2</sup>. Diferente do resultado encontrado por Sydow *et al.* (2017), estudando uma Floresta Nacional de Irati na fisionomia de Floresta Ombrófila Mista, onde a amostra de 1.000 m<sup>2</sup> (de fração de amostragem 8%, na amostragem sistemática) apresentou a maior estimativa para a variável volume em comparação ao censo da população.

**Tabela 9.** Resultados das estimativas, p-valor e teste-t para as variáveis número de árvores (N), volume de árvores (V, m<sup>3</sup>) e área basal (G, m<sup>2</sup>) por hectare, dos tamanhos amostrais em relação ao tamanho 1.000 m<sup>2</sup> em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo

Variável (ha)	Área (m <sup>2</sup> )	Estimativas	p-valor	teste-t
N	1.000	779	-	-
	900	781	0,871	0,167 <sup>ns</sup>
	800	756	0,165	1,511 <sup>ns</sup>
	700	761	0,303	1,094 <sup>ns</sup>
	600	747	0,241	1,254 <sup>ns</sup>
	500	748	0,360	0,965 <sup>ns</sup>
	400	748	0,535	0,645 <sup>ns</sup>
	300	717	0,284	1,139 <sup>ns</sup>
	200	710	0,252	1,225 <sup>ns</sup>
	100	680	0,132	1,657 <sup>ns</sup>
G	1.000	6,56	-	-
	900	6,70	0,2434	1,2483 <sup>ns</sup>
	800	6,61	0,7692	0,3024 <sup>ns</sup>
	700	6,74	0,4538	0,7829 <sup>ns</sup>
	600	6,64	0,8322	0,2181 <sup>ns</sup>
	500	6,52	0,9256	0,0960 <sup>ns</sup>
	400	6,74	0,7457	0,3344 <sup>ns</sup>
	300	6,62	0,9297	0,0907 <sup>ns</sup>
	200	5,82	0,2582	1,2070 <sup>ns</sup>
	100	5,71	0,1570	1,5439 <sup>ns</sup>
V	1.000	22,14	-	-
	900	22,64	0,2791	1,1518 <sup>ns</sup>
	800	22,33	0,8175	0,2376 <sup>ns</sup>
	700	22,51	0,7568	0,3193 <sup>ns</sup>
	600	22,21	0,9698	0,0389 <sup>ns</sup>
	500	21,91	0,8992	0,1303 <sup>ns</sup>
	400	22,94	0,7276	0,3594 <sup>ns</sup>
	300	22,73	0,8548	0,1883 <sup>ns</sup>
	200	19,91	0,4260	0,8338 <sup>ns</sup>
	100	19,63	0,3374	1,0133 <sup>ns</sup>

Em que: ns = coeficiente não significativo.

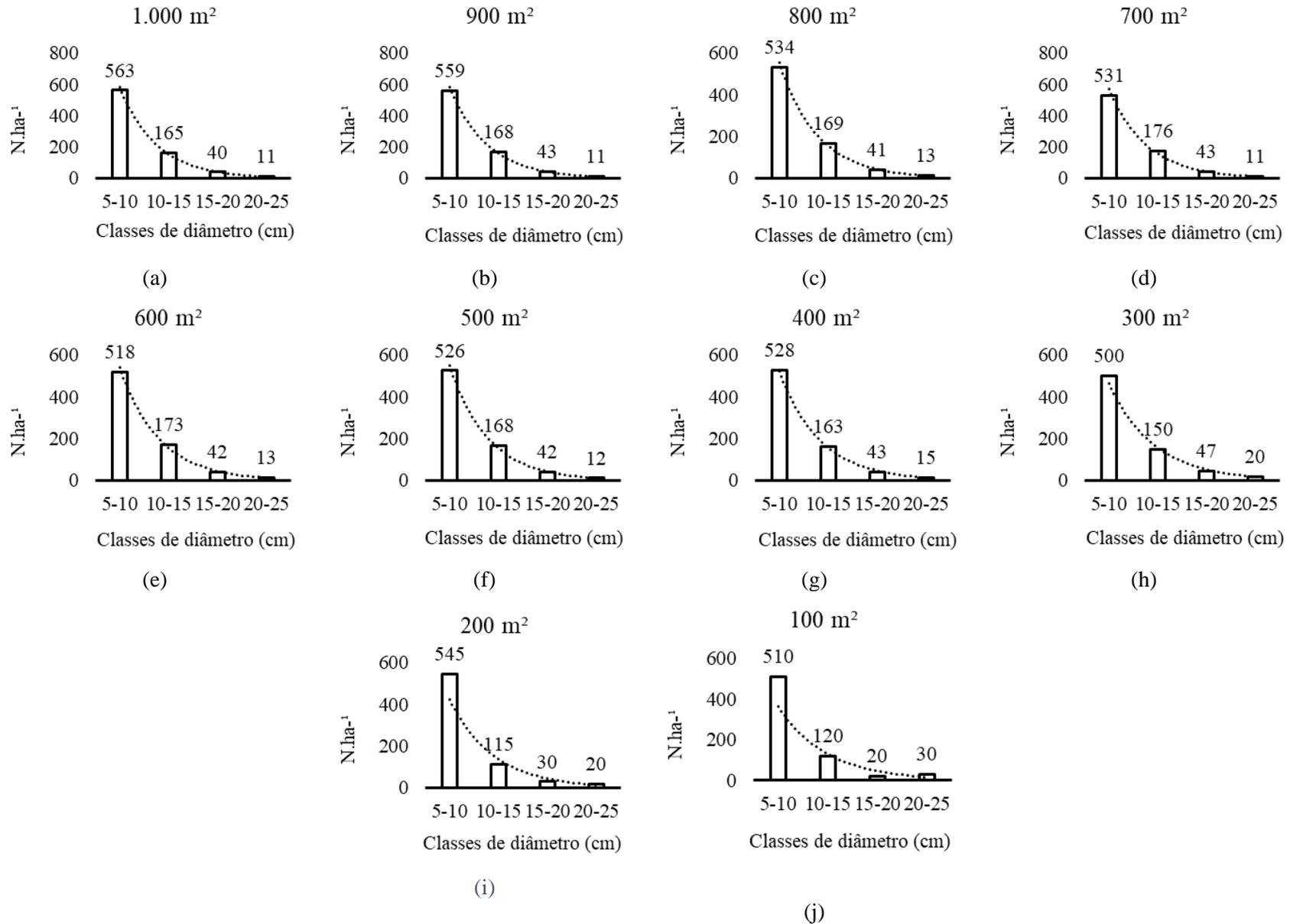
Com base nesses resultados, essa semelhança sugere que todos os tamanhos amostrais representam da mesma forma as variáveis de número de árvores (N), área basal (G) e volume (V). No estudo de Oliveira (2023), houve resultados diferentes, seu trabalho foi realizado em um sistema agroflorestal na mesma região do presente estudo, comparando tamanhos e formas amostrais em relação ao censo, em seus resultados a autora apresenta que em unidades amostrais retangulares o tamanho de 500 m<sup>2</sup> apresentou uma diferença estatística em todas as variáveis, sendo menos eficiente para representação da floresta.

#### 4.4 Distribuição Diamétrica

A distribuição diamétrica da floresta foi organizada em quatro classes e a densidade de árvores por classe foi estimada para hectare. Assim como Alves e Carvalho (2007), em um estudo realizado em um fragmento de Cerrado *Sensu Stricto* (Anápolis – GO), a maioria das árvores e situaram nas primeiras classes (5-10 e 10-15), sugerindo que a população está em fase inicial de estabelecimento, por conta de possíveis intervenções e distúrbios que as áreas sofrem ou pela genética de plantas do Cerrado, que costumam apresentar menor porte.

Neste estudo observou-se que a concentração do número de árvores na primeira classe variou de 69,42 a 75,0%, considerando todos os tamanhos de unidades amostrais. No estudo de Assunção e Felfili (2004), observou-se resultado semelhante em área de Cerrado *Sensu Stricto*, em que na classe de diâmetro de até 10 cm concentrava-se 59% de árvores.

A forma de J-invertido pode ser observada em todas as figuras abaixo (Figura 5 a-j), indicando o predomínio de árvores jovens, com a maioria das árvores presentes na primeira classe.. Essa forma indica um equilíbrio favorável entre a regeneração e a mortalidade. Com um padrão característico de uma floresta que se autorregenera, o que reforça a ideia de uma distribuição balanceada entre as diferentes classes de diâmetro, sugerindo um estado de conservação satisfatório para a população do estudo (Silva Júnior, 1999; Silva Neto et al., 2016).



**Figura 4.** Distribuições diamétrica para os tamanhos amostrais de 1.000 (a), 900 (b), 800 (c), 700 (d), 600 (e), 500 (f), 400 (g), 300 (h), 200 (i) e 100 m<sup>2</sup> (j), em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

O teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) foi aplicado para avaliar a aderência das distribuições diamétricas cumulativas das demais amostras em relação a de 1.000 m<sup>2</sup>, calculando a distribuição e confrontando-a com os valores críticos a um nível 5% (Tabela 10). Essa análise estatística é necessária mesmo que as distribuições apresentem valores e formas visualmente similares. Com base nesse resultado, todos os tamanhos da amostra foram comprovadamente similares na representação da distribuição diamétrica da população sob estudo.

**Tabela 10.** Análise da aderência das distribuições diamétricas para diferentes tamanhos amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Área (m <sup>2</sup> )	D calc	Dtab (5%; n)
1.000 x 900	0,0072 <sup>ns</sup>	0,0689
1.000 x 800	0,0169 <sup>ns</sup>	0,0694
1.000 x 700	0,0248 <sup>ns</sup>	0,0693
1.000 x 600	0,0285 <sup>ns</sup>	0,0697
1.000 x 500	0,0195 <sup>ns</sup>	0,0696
1.000 x 400	0,0170 <sup>ns</sup>	0,0696
1.000 x 300	0,0276 <sup>ns</sup>	0,0704
1.000 x 200	0,0449 <sup>ns</sup>	0,0706
1.000 x 100	0,0300 <sup>ns</sup>	0,0714

Legenda: ns = coeficiente não significativo.

#### 4.5 Florística e Fitossociologia

Nas unidades amostrais de 1.000 m<sup>2</sup> foram mensurados 779 indivíduos, pertencentes a 84 espécies e 32 famílias. Observa-se que, com a redução de tamanho das unidades amostrais tem-se também decréscimo no número de espécies e famílias amostradas (Tabela 11). Para unidade de 100 m<sup>2</sup> amostrou-se apenas 38 espécies e 21 famílias, evidenciando uma diferença de, respectivamente, 46 e 11. Apesar dessa diferença abrupta entre os dois tamanhos, em outros resultados há semelhanças, por exemplo, a espécie *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) apresentou maior número de árvores e maior valor de importância em ambos os tamanhos (Anexo I).

**Tabela 11.** Número de espécies e famílias botânicas encontradas em todos os tamanhos de unidades amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Nível	Tamanho de unidade amostral (m <sup>2</sup> )									
	1.000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
Espécies	84	84	78	78	76	68	67	61	53	38
Famílias	32	32	32	32	32	27	27	27	24	21

O pau-santo pertence à família Calophyllaceae, é uma espécie nativa, não endêmica do Brasil e amplamente distribuída no território nacional. Em todos os tamanhos amostrais avaliados, essa espécie apresentou o maior valor de importância, com exceção da unidade amostral de 300 m<sup>2</sup>, com valores atingindo 5,53 a 7,36%. Isso indica que, independentemente do tamanho escolhido para as unidades amostrais, o pau-santo expressa uma relevância ecológica na comunidade.

Dentre as cinco espécies que apresentaram valor de importância superior na maioria dos tamanhos amostrais, tem-se também a *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), *Salvertia convallariodora* (pau-de-arara), *Qualea grandiflora* (pau-terra-grande) e a *Dalbergia miscolobium* (jacarandá-do-cerrado). Em comparação com o estudo realizado por Giacomo (2013), as espécies pau-terra-grande e pau-de-arara também apresentaram maiores valores na região de Pirapitinga, Minas Gerais, em uma fisionomia de Cerrado *Sensu Stricto*. Em geral, para representar metade do valor de importância total por cenário, foram necessárias de 16 a 10 espécies representativas. Este resultado demonstra que as áreas apresentam baixa dominância de espécies.

Apesar de não aparecerem dentre as espécies que representam 50% do valor de importância, as espécies *Handroanthus ochraceus* (ipê-amarelo-cerrado) e *Tabebuia aurea* (ipê-caraíba) são nativas do Brasil, com ampla distribuição e de suma importância ecológica. Elas são declaradas de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte no Estado de Minas Gerais, conforme Lei nº 9.743, de 15 de dezembro de 1988.

#### 4.6 Estrutura Vertical

Analisando essas duas espécies na estrutura vertical da população, tem-se o mesmo padrão da maioria das espécies, possuem mais árvores no estrato médio, apresentando distribuição heterogênea das árvores da área de estudo. Os limites de cada estrato foram encontrados através da expressão de Estratos =  $[\bar{x}Ht \text{ máx.} - S \leq \bar{x}Ht \text{ máx.} \leq \bar{x}Ht \text{ máx.} + S]$ , obtendo os seguintes estratos: inferior ( $\leq 2,17$ ), médio ( $2,17 \geq - \leq 5,52$ ) e superior ( $\geq 5,52$ ). Os resultados demonstram que 73 - 83% dos indivíduos encontram-se no estrato médio, cerca de 13 a 15% estão presentes no estrato superior e apesar da área da amostra, já o estrato inferior não apresentou menos de 12% dos indivíduos em todos os cenários (Tabela 12).

Dessa forma, observa-se que, independentemente da área, o estrato médio representou mais de 73% da estrutura vertical, este que representa árvores de 2,40 até 5,69 m. Esse resultado pode

ser relacionado com os obtidos na distribuição diamétrica, onde a maior densidade de árvores foi em classes de menores diâmetro. Em comunidades do Cerrado *Sensu Stricto* é comum resultados como este, isso se deve pelo pequeno porte que a fisionomia demonstra, em geral, variando entre 3 e 5 m de altura (Felfili, 2005).

**Tabela 12.** Estrutura vertical para diferentes tamanhos de unidade amostrais, número de indivíduos nos estratos inferior, médio e superior e suas respectivas proporções, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Unidade amostrais (m <sup>2</sup> )	Estratos					
	Inferior	Proporção (%)	Médio	Proporção (%)	Superior	Proporção (%)
1.000	92	11,83	574	73,78	112	14,40
900	82	11,66	519	73,83	102	14,51
800	67	11,07	449	74,21	89	14,71
700	59	11,07	399	74,86	75	14,07
600	54	12,05	329	73,44	65	14,51
500	45	12,03	277	74,06	52	13,90
400	33	11,04	224	74,92	42	14,05
300	25	11,63	160	74,42	30	13,95
200	7	4,93	118	83,10	17	11,97
100	4	5,88	55	80,88	9	13,24

#### 4.7 Análise da diversidade e curva de rarefação de espécies

Em termos de diversidade, os índices de diversidade e equabilidade foram empregados por tamanho amostral, permitindo a comparação entre a diversidade encontrada em cada cenário (Tabela 13). O primeiro índice calculado foi o de Shannon – Weaver ( $H'$ ) que, de acordo com Sampaio *et al.* (2018), os resultados encontrados são considerados de alto índice, por apresentarem valores superiores aos estudos realizados em florestas do Cerrado *Sensu Stricto*. Variações entre 3,11 e 3,56 foram encontradas em regiões consideradas de alta diversidade biológica, enquanto na área deste estudo os resultados variaram entre 3,43 e 3,87.

Ao se comparar este índice entre os cenários avaliados houve diferença de 0,44 entre o maior e menor valor e, ainda sim, pode-se considerar de alta diversidade todos os resultados encontrados, por estarem dentro do esperado para o tipo de fisionomia. Por estar diretamente ligado ao índice de Shannon, o de Máxima Diversidade Possível ( $\ln(S)$ ) seguiu o mesmo padrão de resultados, representando uma comunidade diversa através dos seus números que variaram de 3,64 e 4,43 (Tabela 13).

O índice de equabilidade de Pielou (J) apresentou valores no intervalo de 0,87 e 0,94 (Tabela 13). Os resultados a partir de 0,90 estão acima do esperado para a distribuição da vegetação nessa região do estudo. Os resultados de 0,87 e 0,88, obtidos nas áreas a partir de 600 m<sup>2</sup>, indicaram heterogeneidade florística alta, ou seja, a floresta apresenta alta diversidade com baixa dominância entre as espécies, resultado esperado para essa fisionomia. Alguns estudos corroboram com os resultados apresentados, como o de Marimon Junior e Haradasan (2005) com 0,87 e Giacomo *et al.* (2013) com 0,86. Assim como H', o índice de equabilidade de Pielou se encontrou dentro do observado em outros estudos da fisionomia.

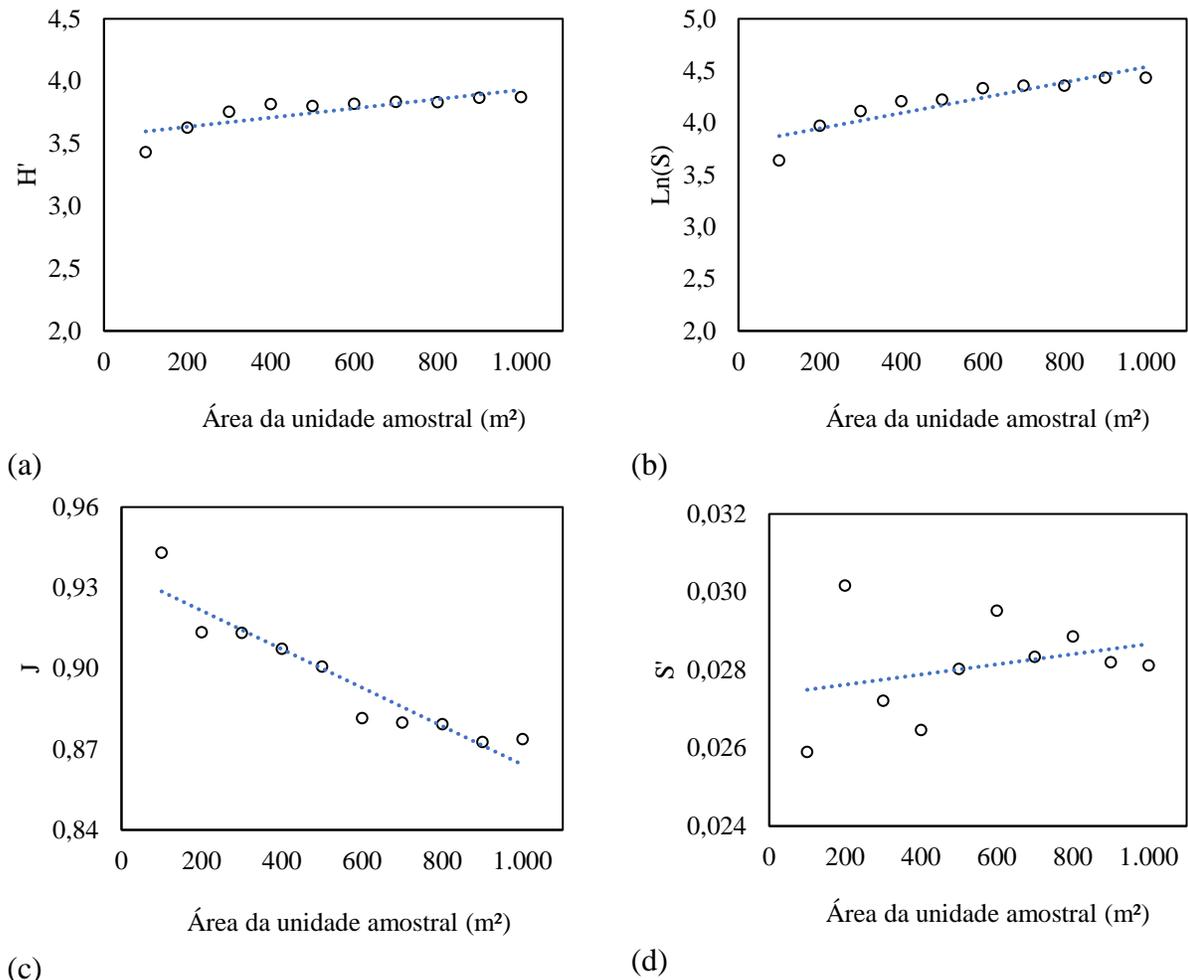
Os valores do índice de diversidade de Simpson (S') retrataram diversidade alta (0,0259 a 0,0302), assim como observado por Araújo *et al.* (2007), em região de Cerrado *sensu stricto* no norte de Minas Gerais, num intervalo de 0,103 a 0,066, corroborando com os resultados dos outros índices de diversidade. Simpson é um índice de dominância, que varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1, maior a probabilidade de duas árvores sorteadas ao acaso serem da mesma espécie, indicando baixa diversidade. No presente estudo, valores muito próximos de zero foram observados, com pouca diferença entre os tamanhos de unidades amostrais testados.

**Tabela 13.** Índices de diversidade e equabilidade para diferentes tamanhos de unidades amostrais, em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Índices	Tamanho de unidade amostral (m <sup>2</sup> )									
	1.000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
H'	3,87	3,87	3,83	3,83	3,82	3,80	3,81	3,75	3,63	3,43
Ln(S)	4,43	4,43	4,36	4,36	4,33	4,22	4,2	4,11	3,97	3,64
J	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,90	0,91	0,91	0,91	0,94
S'	0,0281	0,0282	0,0289	0,0283	0,0295	0,0280	0,0265	0,0272	0,0302	0,0259

Em que: H' = Shannon-Weaver; Ln(S) = Máxima diversidade possível; J = Equabilidade de Pielou; S' = Simpson.

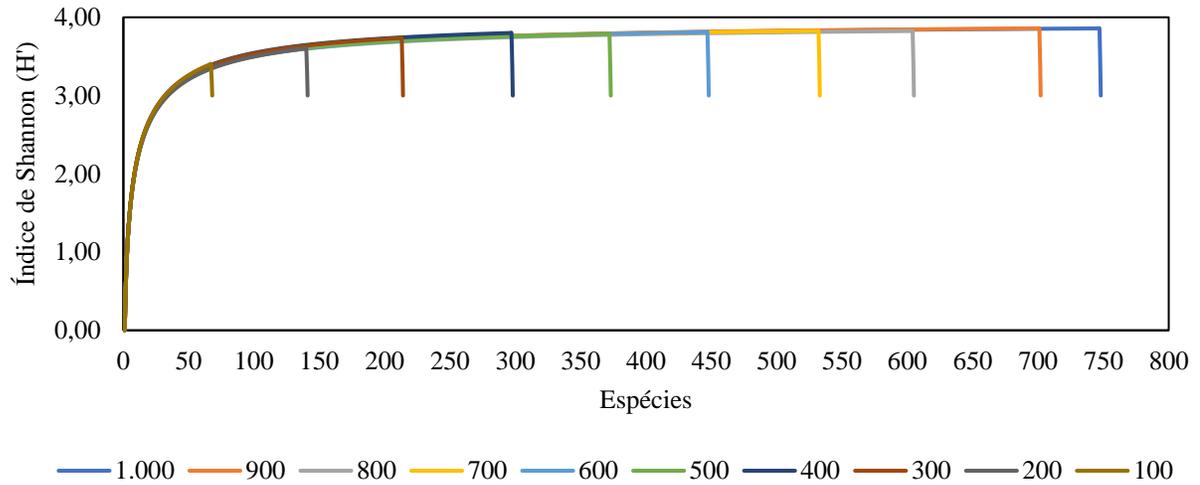
Para avaliar a influência da área da unidade amostral nos índices, o teste F (5% de significância) da regressão foi aplicado para todos os índices (Figura 5a-d). Dessa forma, é possível observar que o tamanho da amostra influenciou significativamente todos os índices, sendo Shannon-Weaver (p-valor = 0,0037), máxima diversidade possível (p-valor = 0,00034) e equabilidade de Pielou (p-valor = 0,000043), exceto o de Simpson que não apresentou diferença estatística em relação à variabilidade dos dados (p-valor = 0,39402). Apesar de não apresentar uma influência, o índice de Simpson também não indicou nenhuma tendência clara com a modificação do tamanho da unidade amostral.



**Figura 5.** Influência da área amostral nos índices de Shannon-Weaver (a), máxima diversidade possível (b), equabilidade de Pielou (c) e Simpsons (d), em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Assim como foi observado por Assunção e Felfili (2004), no estudo realizado na Área de Proteção Ambiental do Paranoá no Distrito Federal, onde houve uma estabilização da curva a partir de 0,9 ha de área amostrada. Com uma maior área amostrada observa-se valores acima de 3,86, indicando maior diversidade de espécies, pois quanto maior o índice de Shannon, maior será a diversidade da amostra, por serem proporcionais. Apesar do grande esforço amostral, constata-se que não foi possível uma estabilização da curva, o que, segundo Schilling *et al.* (2012), para amplas paisagens, ou extensos remanescentes de vegetação tropical, se torna praticamente impossível atingir a estabilidade da curva de rarefação de espécies, principalmente quando realizada por métodos randomizados e de amostragem da vegetação.

A curva de rarefação de espécies (Figura 6) expressa a diversidade de espécies da população amostrada. Ela é uma curva crescente que, em geral, tem uma aceleração negativa, o que significa que a sua taxa de crescimento diminui e há uma estabilização com o aumento da área amostrada. A completa estabilidade não costuma ser atingida através do método de amostragem das espécies.



**Figura 6.** Curva de rarefação de espécies para cada tamanho amostral em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

## 5 CONCLUSÃO

Devido à insuficiência amostral do estudo, não foi possível definir o tamanho mínimo de unidade amostral retangular capaz de estimar conjuntamente as variáveis exigidas em legislação a compor um documento autorizativo de intervenção ambiental (DAIA).

Os tamanhos de unidades amostrais avaliados não influenciaram as estimativas de número de árvores, área basal, volume por hectare e a distribuição diamétrica da vegetação.

Todos os tamanhos de áreas de unidades amostrais apresentaram baixa dominância de espécies, variando de 10 a 16 espécies para representar 50% do índice total. Para a estrutura vertical, independentemente da área, o estrato médio representou mais de 73% da estrutura vertical, este que representou árvores de 2,40 até 5,69 m.

Na avaliação da influência da área da unidade amostral nos índices de diversidade, apenas o índice de Simpson não foi influenciado.

Para complementar os resultados desse estudo, sugere-se o lançamento de mais unidades amostrais, a fim de atingir a suficiência amostral e permitir a definição de sua dimensão mínima necessária ao atendimento conjunto das exigências impostas pela legislação.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. **Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** Brasília, Distrito Federal: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2008.
- ALVES, S. M.; CARVALHO, A. R. Análise estrutural de um fragmento de cerrado *Sensu Stricto*, Anápolis, GO. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 651-653, jul. 2007.
- ARAÚJO, E. J. G., *et al.* Diversidade e estrutura de seis fragmentos de Cerrado Stricto Sensu no extremo norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 546-548, jul. 2007.
- ASSUNÇÃO, S. L.; FELFILI, J. M. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *Sensu Stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 903 – 909, 2004.
- BARBOSA, O. *et al.* **Geologia da região do Triângulo Mineiro.** Boletim 136. DNPM/DFPM, 1970. 140p.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD/IEF Nº 3.102, DE 26 DE OUTUBRO DE 2021. Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Executivo de Minas Gerais**: Belo Horizonte, MG, ano 129, n. 215, p. 9-12, 4 nov. 2021.
- CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país.** Belo Horizonte, 1995.
- DA SILVA F. R. *et al.* **Análises ecológicas no R.** Nupeea: Recife, PE, Canal 6: São Paulo. 640 p. 2022. ISBN 978-85-7917-564-0.
- Decreto Estadual de Minas Gerais, nº 47.749. **Os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.** Belo Horizonte, MG, 11 de nov. de 2019.
- FELFILI, M. J. *et al.* **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos.** Viçosa, MG: Ed. UFV. 2013.
- FELFILI, M. J. *et al.* **Manual para monitoramento de unidades amostrais permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal.** Brasília: Universidade de Brasília, 2005.
- FLORIANO, E. P. **Inventário Florestal.** Rio Largo, AL: Edição do Autor, p. 135, 2021.

GIACOMO, R. G. *et al.* Florística e fitossociologia em áreas de campo sujo e cerrado *sensu stricto* na estação ecológica de Pirapitinga – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 29-43, jan.-mar., 2013 DOI: 10.5902/198050988437.

GOFFE, R. F. **Determinação de tamanhos de unidades amostrais para otimização amostral em remanescentes de florestas nativas em Itatinga-SP.** 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2015. DOI:10.11606/D.11.2015.tde-29092015-112027.

GUERRERO, V M. **Mapeamento e avaliação dos riscos de inundações da microbacia do córrego Mumbuca - Monte Carmelo-MG.** 2020. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, Uberlândia, 2020.

HARANO, F. K. F., *et al.* Avaliação hidrogeológica do município de Monte Carmelo – MG. In: **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 20., 2018, Campinas. Anais... Campinas, SP, 2018.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. Monte Carmelo. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>. Acesso em: 29 jun 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. Autorização para Intervenção Ambiental. 2023. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/autorizacao-para-intervencao-ambiental>. Acesso em: 30 maio 2023.

JORGE, L. A. B.; JUNIOR EUFRADE, H. **Dendrometria e Inventário Florestal com Aplicações em R.** In: Características quantitativas de interesse. Cap. 2, p 15-65. Botucatu, SP. Editora Cubo, 2023.

LANA, M. D. *et al.* DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Escheweilera ovata* EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DE NSA-IGARASSU, PE. **Revista Floresta**. Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 59-68, 2013.

Minas Gerais, Lei Estadual nº 20.922. As políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. **Diário do Executivo**. Belo Horizonte, MG, 17 de out. de 2013.

LOPES, S. F. *et al.* Diagnóstico ambiental para implementação do parque municipal da matinha (Monte Marmelo, MG): implicações à conservação da Biodiversidade do cerrado. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 12, n. 39, p. 58 – 80, 2011.

MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913 – 926, 2005.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 2.723, de 18 de agosto de 2014. Estabelece os procedimentos para elaboração e aprovação do Plano de Utilização Pretendida (PUP). **Diário do Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 19 ago. 2014.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 2.728, de 18 de agosto de 2014. Estabelece as diretrizes para a supressão vegetal no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 19 ago. 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**: Os biomas do Brasil. Brasília, Distrito Federal: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1998.

SANO, E. E. *et al.* **DINÂMICA AGRÍCOLA NO CERRADO**: Características gerais da paisagem do Cerrado. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, p. 21-37, 2020.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L. **Inventários florestais**: planejamento e execução. 4<sup>a</sup>. ed. Curitiba, PR: Ed. dos autores, 2023. 406 p.

SANTOS, R. G. S. T. dos. **Mapeamento de risco de incêndio no município de Monte Carmelo – MG**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19824>. Acesso em: 29 jun 2023.

SCHAAF, L. B., *et al.* Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, 30(2), 283–295, 2006.

SCOLFORO, J. R. S., *et al.* **Inventário florestal de Minas Gerais**. Lavras, Mg: Editora UFLA. 2008.

SILVA JÚNIOR, M. **Composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica na Mata de galeria do monjolo, Reserva Ecológica do IBGE**. Brasília – DF. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, 4, p. 30-45, 1999.

SILVA NETO, V. L. *et al.* Fitossociologia e distribuição diamétrica de uma área de cerrado *Sensu Stricto*, Dueré – TO. **Revista de ciências ambientais**. Canoas, v. 10, n.1, p. 89-168, 2016. DOI: 10.18316/1981-8858.16.24

**Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH**. Informações hidrográficas. 2021. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/monte-carmelo-mg/>.

SOARES, C. P. B. *et al.* **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012.

SOUZA, A. L. SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas – Estrutura, Dinâmica e Manejo**. 1. ed. Viçosa, UFV, 2013. 322 p.

SYDOW, J. D. *et al.* Comparação de métodos e processos de amostragem para inventário em floresta ombrófila mista. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2 n. 1 2017. DOI: 10.5380/biofix.v2i1.50761

WEATHERSPARK, **Clima e condições meteorológicas médias em Monte Carmelo no ano todo**. 2015. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30231/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Monte-Carmelo-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 29 jun 2023.

## ANEXO I

Espécies com maior valor de importância (IVI) em áreas de Cerrado na região do município de Monte Carmelo, Minas Gerais

1.000		900		800		700	
Espécies	IVI	Espécies	IVI	Espécies	IVI	Espécies	IVI
<i>Kielmeyera coriacea</i>	5,59	<i>Kielmeyera coriacea</i>	5,53	<i>Kielmeyera coriacea</i>	5,86	<i>Kielmeyera coriacea</i>	5,84
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	4,32	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	4,40	Morta	4,55	<i>Salvertia convallariodora</i>	4,70
Morta	4,22	Morta	4,30	<i>Salvertia convallariodora</i>	4,20	Morta	4,65
<i>Qualea grandiflora</i>	3,61	<i>Salvertia convallariodora</i>	3,87	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	4,14	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	3,88
<i>Salvertia convallariodora</i>	3,57	<i>Qualea grandiflora</i>	3,72	<i>Qualea grandiflora</i>	3,62	<i>Qualea grandiflora</i>	3,60
<i>Didymopanax macrocarpus</i>	3,35	<i>Dalbergia miscolobium</i>	3,57	<i>Dalbergia miscolobium</i>	3,49	<i>Dalbergia miscolobium</i>	3,40
<i>Dalbergia miscolobium</i>	3,31	<i>Didymopanax macrocarpus</i>	3,18	<i>Myrcia variabilis</i>	3,26	<i>Terminalia argentea</i>	3,08
<i>Myrcia variabilis</i>	3,01	<i>Myrcia variabilis</i>	3,09	<i>Terminalia argentea</i>	3,02	<i>Myrcia variabilis</i>	3,05
<i>Curatella americana</i>	2,91	<i>Curatella americana</i>	2,89	<i>Didymopanax macrocarpus</i>	2,85	<i>Didymopanax macrocarpus</i>	3,04
<i>Leptolobium dasycarpum</i>	2,76	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	2,78	<i>Matayba guianensis</i>	2,78	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	2,98
<i>Terminalia argentea</i>	2,70	<i>Terminalia argentea</i>	2,74	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	2,71	<i>Matayba guianensis</i>	2,90
<i>Eugenia dysenterica</i>	2,69	<i>Eugenia dysenterica</i>	2,47	<i>Guapira noxia</i>	2,63	<i>Curatella americana</i>	2,72
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2,37	<i>Matayba guianensis</i>	2,44	<i>Eugenia dysenterica</i>	2,58	<i>Guapira noxia</i>	2,64
<i>Matayba guianensis</i>	2,37	<i>Guapira noxia</i>	2,32	<i>Curatella americana</i>	2,55	<i>Eugenia dysenterica</i>	2,44
<i>Guapira noxia</i>	2,16	<i>Roupala montana</i>	2,31	<i>Qualea multiflora</i>	2,13	<i>Qualea multiflora</i>	2,06
<i>Roupala montana</i>	2,15	<i>Qualea multiflora</i>	2,01	-	-	-	-



200		100	
Espécies	IVI	Espécies	IVI
<i>Kielmeyera coriacea</i>	6,52	<i>Kielmeyera coriacea</i>	7,36
Morta	5,55	<i>Bowdichia virgilioides</i>	6,81
<i>Salvertia convallariodora</i>	5,42	Morta	6,29
<i>Qualea grandiflora</i>	5,12	<i>Qualea grandiflora</i>	6,06
<i>Matayba guianensis</i>	4,53	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	5,48
<i>Bowdichia virgilioides</i>	4,31	<i>Leptolobium elegans</i>	5,01
<i>Curatella americana</i>	4,09	<i>Salvertia convallariodora</i>	4,40
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	3,49	<i>Matayba guianensis</i>	4,40
<i>Dalbergia miscolobium</i>	3,31	<i>Byrsonima pachyphylla</i>	4,09
<i>Didymopanax macrocarpus</i>	3,24	<i>Tachigali vulgaris</i>	3,77
<i>Enterolobium gummiferum</i>	2,97	-	-
<i>Leptolobium elegans</i>	2,87	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-