

FITOSSOCIOLOGIA

Para uso na disciplina de Inventário e Avaliação da Biodiversidade

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Prof. Dr. Rodrigo Kersten

2023

Na botânica, dois principais tipos de levantamentos são observados (Watt 1947): florísticos, que tratam da diagnose e classificação das comunidades, e têm como objetivo verificar quantas e quais espécies estão presentes; e ecológicos ou fitossociológicos, que têm como finalidade avaliar a dinâmica ou estrutura das comunidades vegetais. Os levantamentos fitossociológicos diferem dos florísticos por utilizarem medidas (tamanho, número de indivíduos, etc.) como parâmetros analíticos, enquadrando-se principalmente em duas categorias: estimativa de medidas ou reconhecimento de padrões (Pillar 1998).

O levantamento florístico tem como objetivo, listar as espécies vegetais ocorrentes em determinada área. Estes estudos representam uma importante etapa no conhecimento de um ecossistema por fornecer informações básicas para os estudos biológicos subsequentes. Essas informações podem ser utilizadas na elaboração e no planejamento de ações que objetivem a conservação, o manejo ou na recuperação das formações florestais, de forma a retratar as suas diversidades.

Fitossociologia é um ramo da ecologia que estuda as comunidades vegetais do ponto de vista florístico, ecológico, corológico (distribuição das comunidades) e histórico (Braun-Blanquet 1979). É conhecida também por Sinecologia Vegetal, Geobotânica Sociológica, Ciência da Vegetação, Fitocenologia, Fitogeocenologia, Ecologia Quantitativa e Ecologia de Comunidades. Apoia-se fundamentalmente em Taxonomia Vegetal e tem estreita relação com a Fitogeografia e as Ciências Florestais (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974, Bolós 1990, Martins 1991). Sua principal utilidade é na descrição conjunta da composição e estrutura das comunidades (Cain & Castro 1959).

Amostragem

A população, do ponto de vista estatístico, compreende o conjunto total de dados que se pretende estudar, ou seja, todas as possíveis observações de interesse isso inclui todos os indivíduos de uma determinada espécie existente ou todas as árvores de uma floresta, por exemplo. (Magnusson *et al.* 2015). Para fins de inventário florestal, segundo uma população pode ser definida como um conjunto de seres da mesma natureza que ocupam um determinado espaço em um determinado tempo (Péllico Netto & Brena 1997).

Em levantamentos biológicos, dificilmente é viável medir ou recolher observações sobre todos os indivíduos que fazem parte do objeto de estudo, seja por questões de tempo, custo ou operacionalidade. Os procedimentos estatísticos de amostragem, por sua vez, permitem que, a partir da coleta de parte de um conjunto de dados, sejam obtidas estimativas representativas sobre o todo, com determinada precisão e intervalo de confiança preestabelecidos (Felfili *et al.* 2011)

Amostra, por definição, é o subconjunto de uma população por meio do qual se estabelecem ou estimam as propriedades ou características dela. (Kersten & Galvão 2011)

Uma **unidade amostral** Unidade amostral é o espaço físico sobre o qual são observadas e medidas as características quantitativas e qualitativas (variáveis) da população. Considerando um inventário florestal, uma unidade amostral pode ser uma parcela com área fixa; ou então, pontos amostrais ou mesmo árvores. O conjunto das unidades amostrais consistem em uma amostra da população.

Um **parâmetro** é o valor obtido para uma variável de interesse, se todas as unidades de amostra de uma população forem mensuradas. O valor estimado de um parâmetro é sempre referido como uma estimativa, cujo valor deve ser o mais próximo do verdadeiro valor de um parâmetro populacional

Métodos de levantamento fitossociológico

Nos levantamentos fitossociológicos são sempre estabelecidas unidades amostrais físicas em campo. Estas unidades podem ser constituídas de parcelas (áreas fixas), linhas ou mesmo de pontos (área variável).

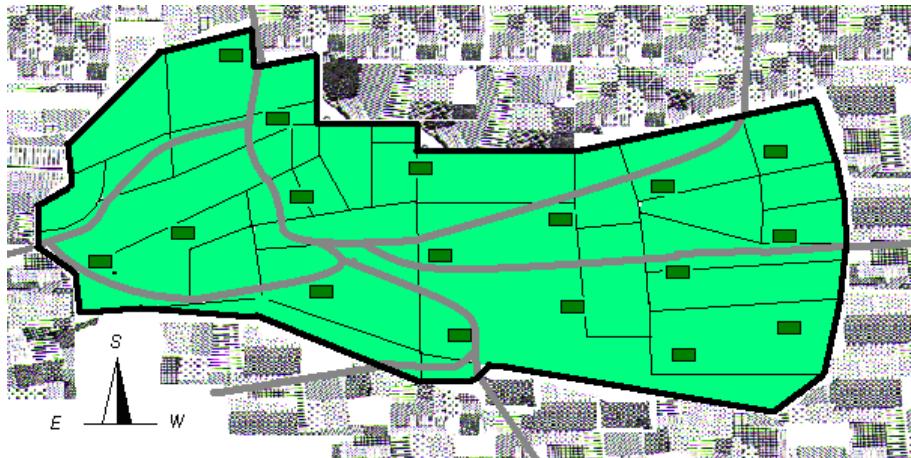


Figura 1 Distribuição das parcelas na área de estudo (Albuquerque & Watzlawick 2012)

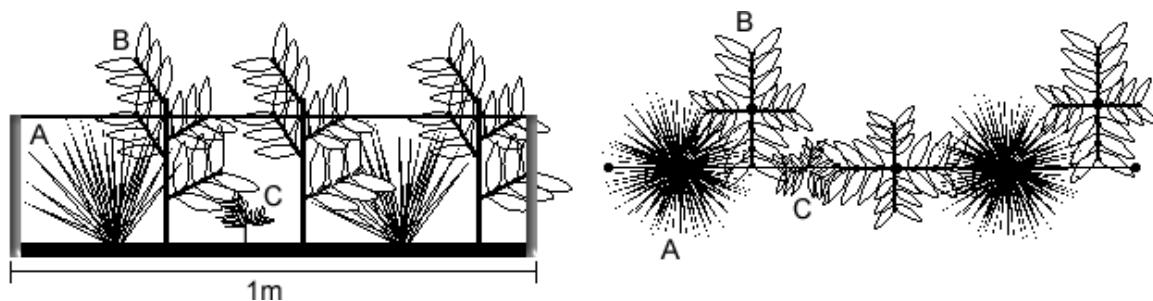


Figura 2 Representação esquemática do método de intersepto de linha. Em (a) observa-se a demonstração de como a unidade de amostragem é colocada e em (b) de como é tomada a projeção das espécies. (Munhoz & Araújo 2011)

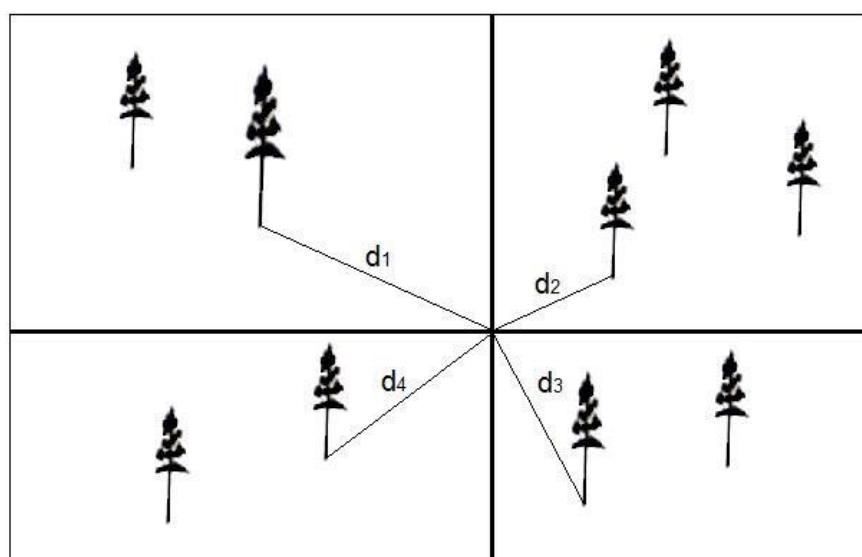


Figura 3 Procedimento de inclusão de árvores por meio do método de Quadrantes (Lima 2015)

Quanto à forma, as parcelas podem ser (Figura 4):

- **Retangulares:** produzem maior efeito de borda, mas, quando mais alongadas, podem captar melhor os efeitos dos gradientes e, ainda, facilitar a orientação dos trabalhadores nas parcelas.
- **Quadradas:** possuem menor efeito de borda que as parcelas retangulares por terem maior área interna protegida.
- **Circulares:** um mesmo perímetro engloba maior área; portanto, essas possuem menor efeito de borda quando comparadas com as outras formas de parcela e, por dependerem unicamente de um ponto central e não de quatro vértices, são mais facilmente marcadas como parcelas permanentes que os formatos anteriores. Para uma parcela de 100m² considera-se um raio de 5,64m e para uma parcela de 400m² considera-se raio de 11,3m.

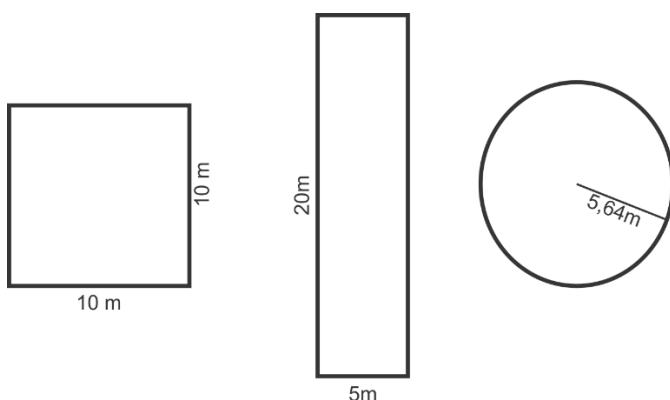


Figura 4 Três formatos comuns de parcelas: quadrada, retangular e circular, todas com 100 m² de área.

Quando adotadas unidades amostrais de área fixa, a tomada de decisão sobre o tamanho da parcela deve estar relacionada à estrutura da vegetação. Ou seja, a unidade amostral deve ter a dimensão que permita incluir porção representativa da estrutura e da florística da área de estudo. Recomenda-se que parcela em condição típica da vegetação em estudo inclua pelo menos 30 plantas, pois esse conjunto, com espaçamento naturalmente diferenciado, tende a refletir a estrutura da vegetação (Felfili *et al.* 2005).

Na Floresta Ombrófila Mista o padrão mais comum em trabalhos publicados para o componente arbóreo é o de 100 m² (10x10m) (Kersten *et al.* 2015) e deve ser o escolhido para levantamentos científicos. No entanto, para fins de licenciamento o IAT (portaria 300/2022) exige tamanho mínimo de 400m².

Para outras formas de vida e outros ecossistemas diferentes tamanhos de parcelas são indicados. Quanto maiores ou mais isolados os indivíduos maiores devem ser as parcelas. No cerrado o padrão de amostragem nunca é menor que 400 m² (20x20m) (Felfili *et al.* 2011), por sua vez, para o estudo de sobosque da FOM, tamanho padrão das parcelas é de 5x5m (25 m²) e para herbáceas é de 1 ou 2 m² (Kersten *et al.* 2015). A depender da morfologia do terreno e da configuração da floresta, parcelas de outros tipos devem ser empregadas

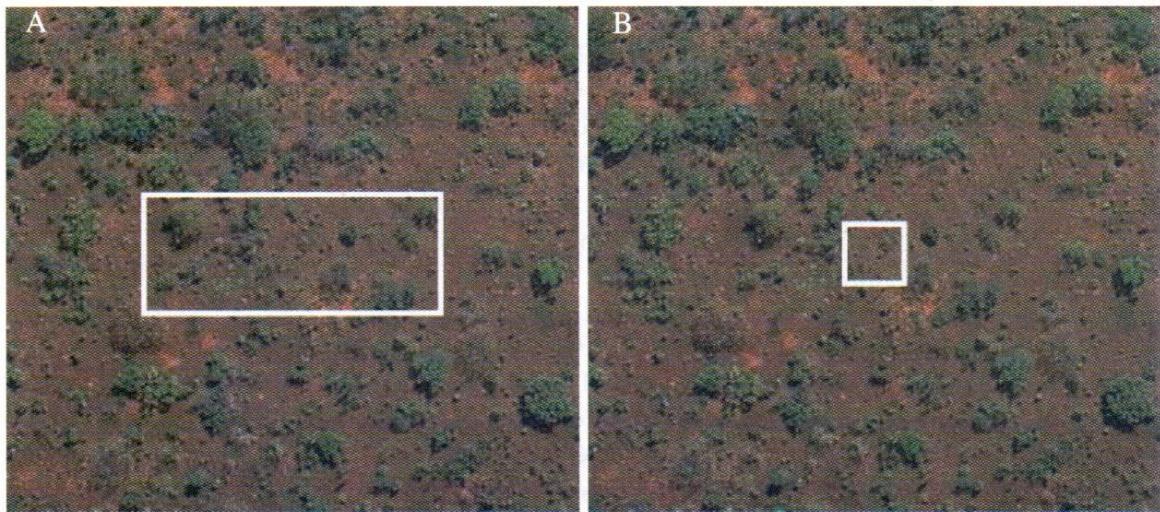


Figura 5 Parcelas de 20 x 50 m representam melhor a heterogeneidade estrutural da vegetação de cerrado sensu stricto (A) que parcelas de 10 x 10 m (B). (Felfili et al. 2011)

Tabela 1 Tamanhos usuais de parcelas para estudo fitossociológico

Ambiente	Estrato	Tamanho Mais Usual
Florestais	Dossel	10 x 10m
Cerrado	Dossel	20 x 50m
Mata Ciliar	Dossel	5 x 10 m
Florestas	Subosque	5 x 5 m
Florestas ou Campos	Herbáceas	1 x 1 m ou 2 x 2m
Florestas	Epífitas	Árvores individuais ou subdivisões

Portaria IAT 300/2022	Florestas	400 m ²
	Áreas úmidas	25 m ²
	Campo	4m ²

Parâmetros mensurados e Critérios de Inclusão

Durante o levantamento fitossociológico são tomadas medidas de todos os indivíduos que alcançam os critérios estabelecidos dentro das unidades amostrais. Estas medições sempre procuram, de uma maneira ou de outro, avaliar o tamanho dos indivíduos.

As medidas mais comumente tomadas são:

- Perímetro a altura do Peito (PAP)
- Altura total
- Altura do fuste, também chamada de altura comercial

No estrato arbóreo esta medida do caule é tomada a cerca de 1,30m do solo e é comumente chamada de “Perímetro a Altura do Peito” (PAP), ou “Diâmetro a altura do peito” (DAP). Para outros estratos ou outras formas de vida é possível também medir o perímetro/diâmetro basal (na altura do solo).



Figura 6 Medição da largura do Perímetro de um tronco pode ser tomada com uma fita métrica normal



Figura 7 Para a medição do diâmetro utiliza-se uma régua, paquímetro ou uma fita diamétrica

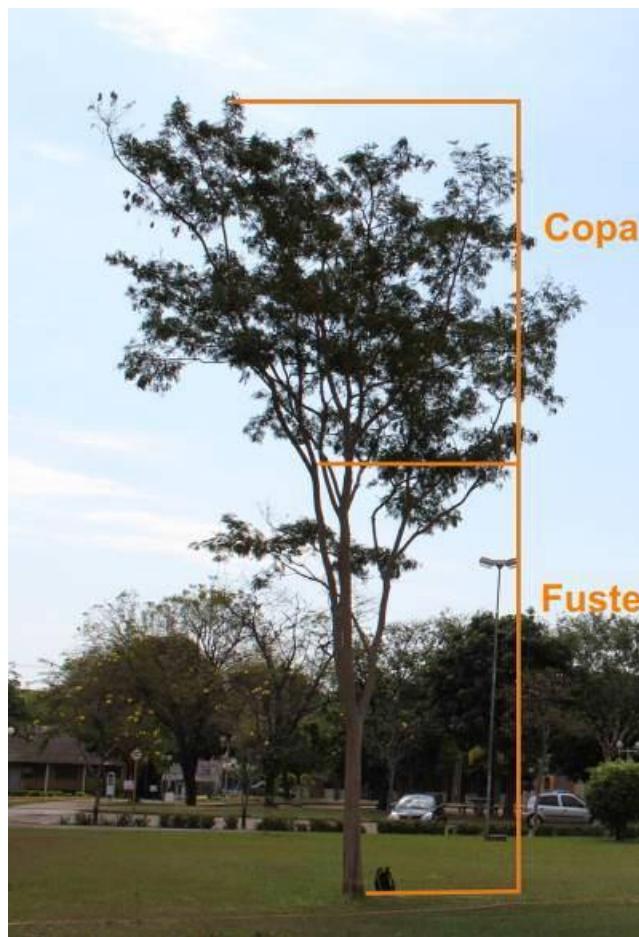


Figura 8 As duas alturas medidas em uma árvore (Ribeiro 2011)

Duas medidas de alturas podem ser tomadas durante o inventário, a altura total e a comercial. A comercial, como o nome já sugere, é mais importante em inventário

de plantios de espécies arbóreas, mas também é considerado para fins de licenciamento pois é considerado para o cálculo da biomassa total das espécies.

A “altura comercial” ou altura do fuste, corresponde a altura do caule principal até o começo da copa, quando os galhos começam a abrir e a formar mais folhas.

Para a medição da altura pode tanto ser utilizada uma “réguas” (bambu, podão) como apoio para a estimativa ou mesmo a utilização de instrumentos ópticos para mensuração à distância.

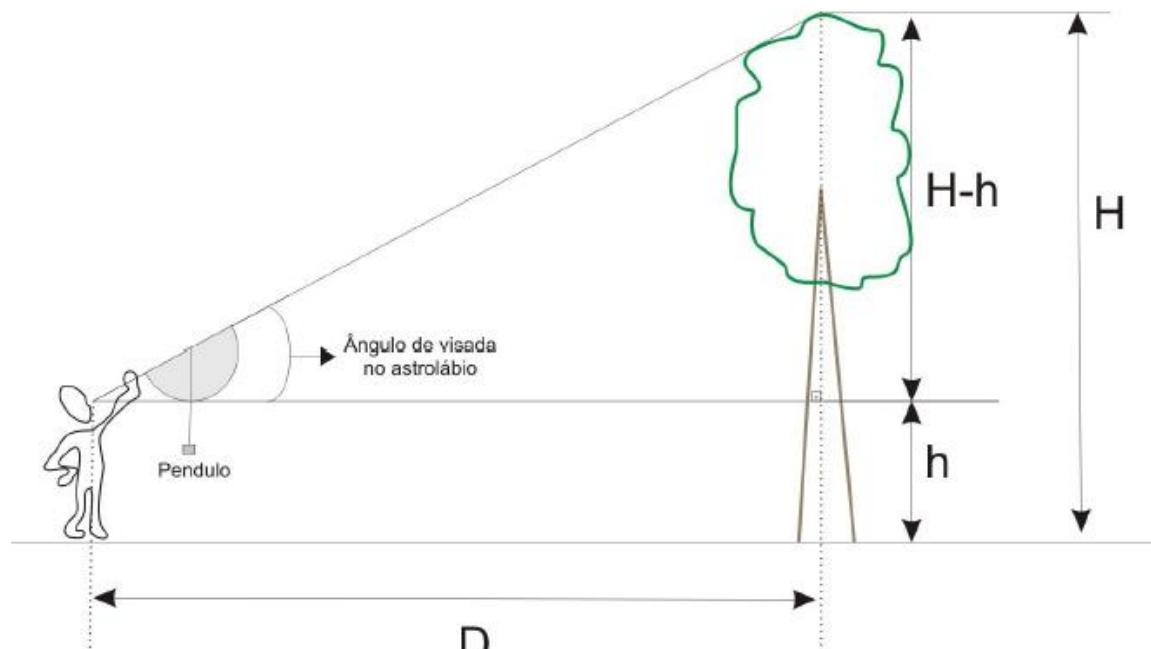


Figura 9 Técnica de ângulo de visada para avaliar a altura de uma árvore (Ribeiro 2011)

Utilizando-se esta técnica, com um ângulo de 45° a altura total da árvore será igual à distância mais a altura do olho do observador. Com um ângulo de 30° a altura da árvore será igual a distância observador/árvore * 0,57 (= tangente de 30°) + altura dos olhos do observador.

Para o componente arbóreo os critérios mais típicos de inclusão são o perímetro mínimo de 15 cm ou diâmetro mínimo de 5cm (= perímetro de 15,7 cm) e indivíduos menores não são (ainda) considerados como integrantes do estrato arbóreo. Via de regra, na FOM, é considerado que indivíduos entre 15 e 30 cm de perímetro (5 a 10 de diâmetro) são integrantes do sobosque arbóreo e que indivíduos com mais que 30 cm seriam integrantes do dossel. Embora não seja 100% realista esta abordagem facilita o processo de medição e estabelece um padrão numérico para a amostragem.

Nem sempre, no entanto, é possível identificar isoladamente cada indivíduo. Em comunidades herbáceas os indivíduos concrescem e se misturam de tal maneira que absolutamente impossível sua separação. Nestes casos costuma-se avaliar a cobertura total da espécie dentro da parcela, seja em cm^2 , estimados visualmente, em percentual de cobertura ou mesmo em classes de cobertura ((Bonham *et al.* 2004)



Figura 10 Estabelecimento de parcelas de 1m² para o estudo de comunidades de herbáceas

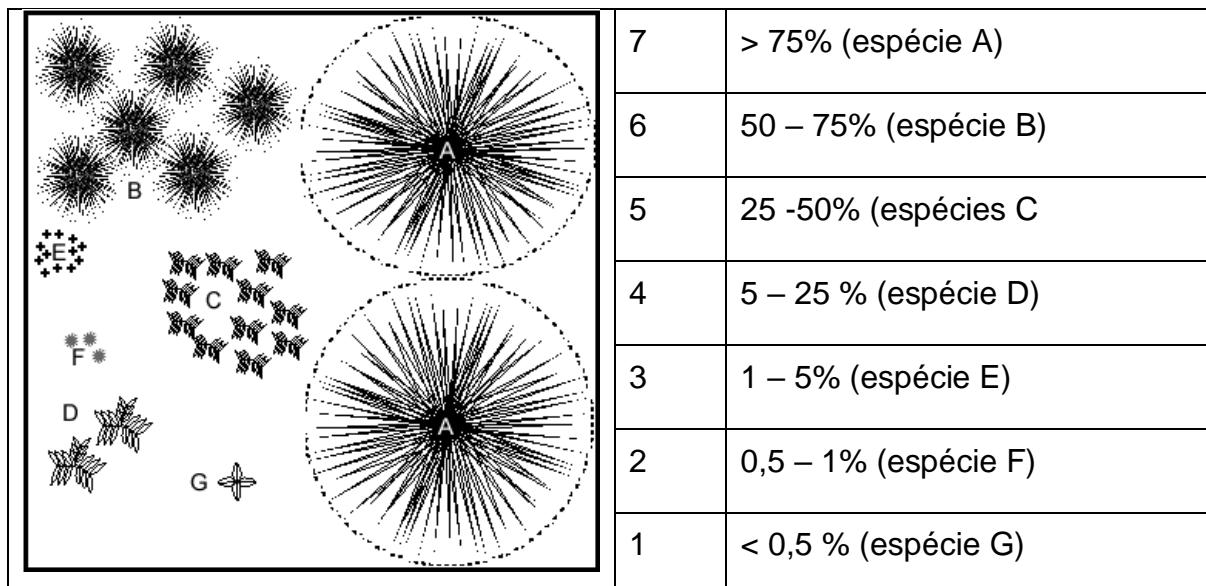


Figura 11 Classes de cobertura de espécies herbáceas/arbustivas (Braun-Blanquet 1979)
figura de (Munhoz & Araújo 2011)

Alocação das parcelas em campo (amostragem)

O estabelecimento das parcelas em campo pode ser realizado de maneira **aleatória** ou **sistemática**. Pode-se também, quando pertinente, dividir a área de acordo com características ambientais, como diferentes tipos de solo, declividade ou mesmo efeito de borda. Este procedimento recebe o nome de **amostragem estratificada** (Matteucci & Colma 1982).

No método de parcelas aleatórias deve ser elaborado um mapa em escala adequada da área a ser manejada. O mapa deve ser então reticulado (quadriculado), sendo cada retângulo proporcional ao tamanho da parcela e numerado. Em seguida é sorteado um determinado número de parcelas.

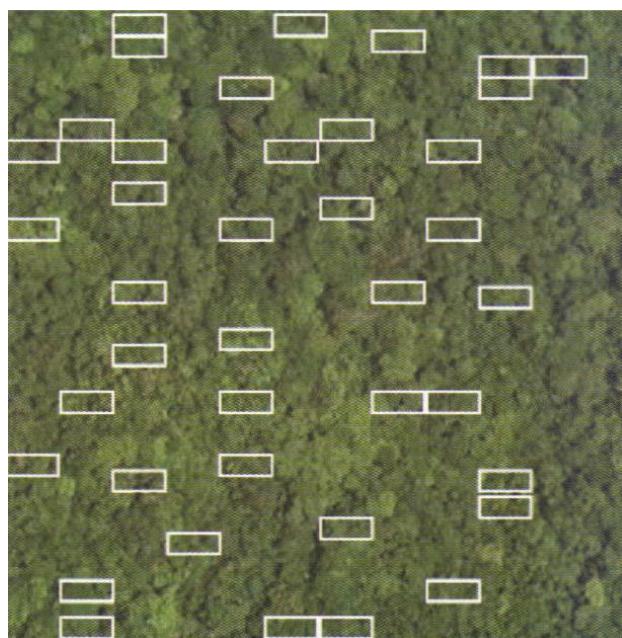


Figura 12 Exemplo de amostragem aleatória simples

A amostragem sistemática é a mais amplamente utilizada em estudos florestais. Nela, a primeira unidade é alocada arbitrariamente e, a partir dela, são alocadas as demais parcelas em intervalos com espaçamentos regulares (Avery & Burkhart 2015). O procedimento permite cobrir de modo uniforme a área estudada. Sua ampla utilização em levantamentos florestais se deve não só ao fato de as unidades amostrais serem facilmente estabelecidas em campo, mas também que estas parecem ser mais "representativas", já que são distribuídas de maneira uniforme no universo amostral,

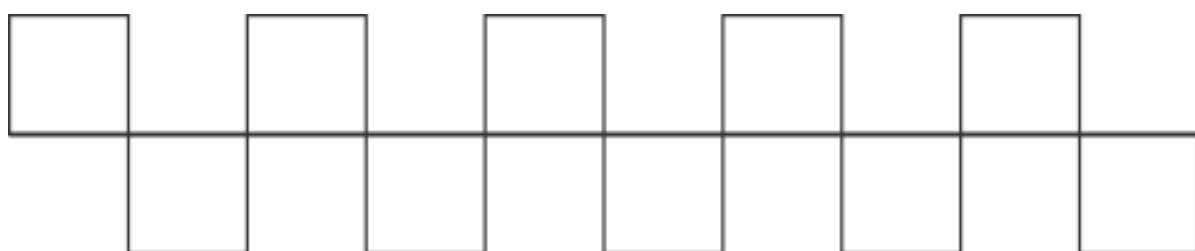


Figura 13 Parcelas inseridas sistematicamente ao longo de uma linha central

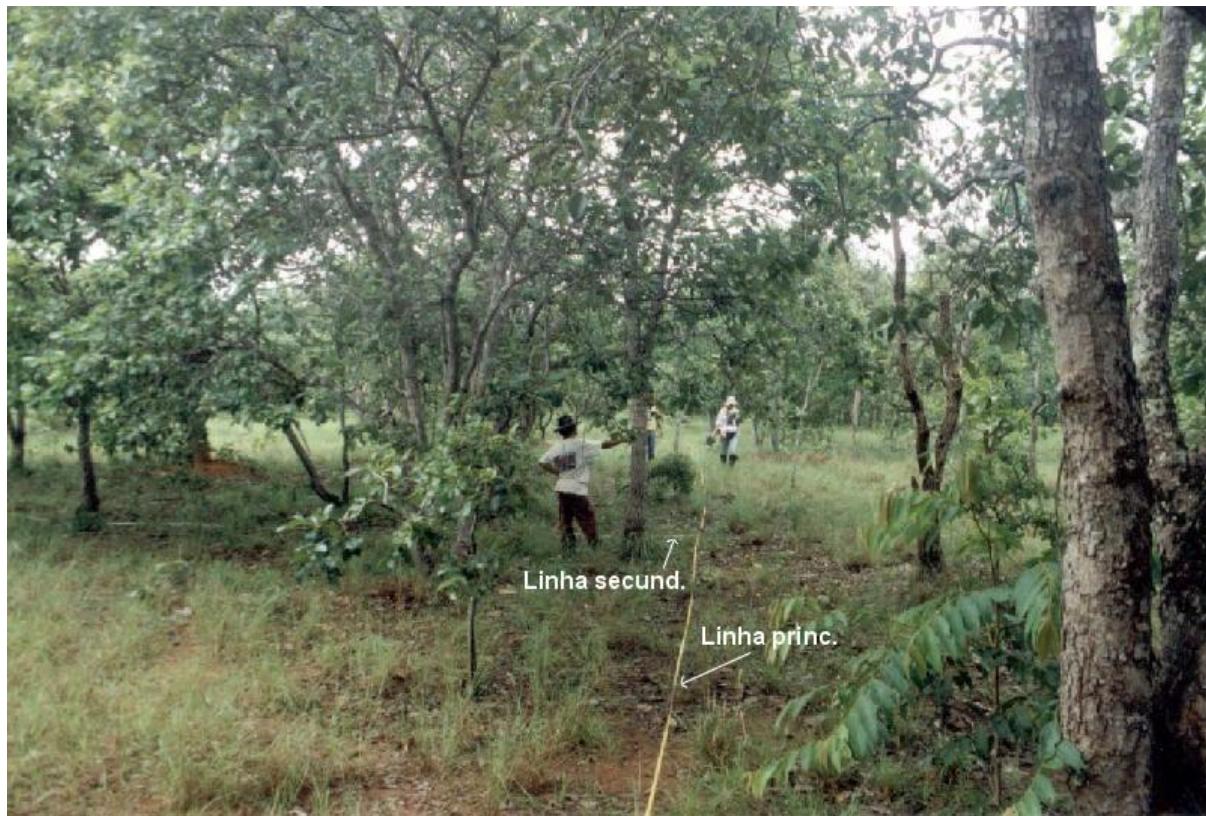


Figura 14 Parcelas sendo estabelecidas pelo método sistemático em um cerrado em Tocantins
(Foto Kersten 2002)

Número de parcelas

O número de parcelas a serem estudadas depende da estrutura da vegetação local. Em áreas mais homogêneas um número pequeno de parcelas pode suficiente para a descrição da comunidade. Áreas mais diversas, seja em espécies ou quanto a qualquer parâmetro analisado (diâmetro, volume, altura, por exemplo) necessitam de mais parcelas para a correta representação da comunidade.

Embora existam uma série de procedimentos para analisar a suficiência amostral (Kersten & Galvão 2011) usualmente se considera que a amostragem de algo em torno de 20 parcelas seja próximo ao necessário.

Parâmetros fitossociológicos

A caracterização fitossociológica de uma floresta é definida pelos diversos parâmetros numéricos que expressam sua estrutura. Estes parâmetros nada mais são que resumos numéricos das medidas tomadas durante o levantamento de campo: número de indivíduos medidos de cada espécie, tamanho dos indivíduos e número de parcelas em que a espécie foi observada.

Estrutura horizontal

Uma das análises mais importantes são os cálculos dos parâmetros da estrutura horizontal. A estrutura horizontal é a organização e distribuição espacial dos indivíduos na superfície do terreno. As estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal incluem a frequência, a densidade, a dominância, e os índices do valor de importância e do valor de cobertura de cada espécie amostrada.

Estrutura vertical

A análise da estrutura vertical nos dá uma ideia da importância da espécie considerando a sua participação nos estratos verticais que o povoamento apresenta. Os estratos verticais encontrados na floresta podem ser divididos em: espécies dominantes, intermediárias e dominadas. Aquelas espécies que possuírem um maior número de indivíduos representantes em cada um desses estratos certamente apresentarão uma maior importância ecológica no povoamento em estudo.

Frequência

Parâmetro que procura ilustrar a distribuição ou “espalhamento” da espécie pela área. A frequência é o número de unidades amostrais em que uma espécie ocorre em função do número total de parcelas.

Frequência absoluta (FA): Exprime a proporção em que uma determinada espécie ocorre na área.

$$FA = \frac{u}{Ut}$$

Em que:

u: número de unidades amostrais em que há a ocorrência da espécie;

Ut: número total de unidades amostrais na área de interesse.

Frequência relativa (FR): Parâmetro expresso em porcentagem. É a representação da relação entre a frequência absoluta de uma espécie e o somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas na comunidade.

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \cdot 100$$

Densidade

Também conhecida como abundância a densidade é o número total de indivíduos de cada espécie na constituição da comunidade vegetal em determinada unidade de área.

Densidade absoluta (DA): Tal parâmetro expressa o número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área. Usualmente este parâmetro é fornecido por hectare.

$$DA = \frac{n}{A}$$

Densidade relativa (DR): Aponta a relação existente entre o número de indivíduos de uma espécie e o número total de árvores amostradas na área. O parâmetro é expresso em porcentagem.

$$DR = \frac{n}{N} \cdot 100$$

Em que:

n: número de indivíduos de uma espécie;

N: número total de indivíduos amostrados na comunidade vegetal;

A: Área mostrada em hectares.

Dominância

O parâmetro tenta estimar o tamanho da área ocupada pela espécie, independentemente se por um ou vários indivíduos. Considera a área basal (ou a cobertura). Por meio deste parâmetro é possível inferir quanto a biomassa presente na área.

Dominância absoluta (DoA): caracteriza a área basal total de uma espécie por unidade de área, normalmente o hectare.

$$DoA = \frac{gi}{A}$$

$$gi = \frac{\pi \cdot DAP^2}{4} \text{ ou } gi = \pi \cdot r^2$$

Em que:

gi: área basal total da espécie de interesse;

A: área amostrada;

DAP: Diâmetro à 1,30 metros do solo.

R: raio

Dominância relativa (DoR): Expressa a porcentagem da área basal da espécie de interesse em relação a área basal de todas as espécies amostradas.

$$DoR = \frac{gi}{\sum gi} \cdot 100$$

Em que:

gi: área basal total da espécie de interesse;

$\sum gi$: somatória da área basal de todas as espécies

Valor de importância

O índice de valor de importância (IVI) retrata a importância fitossociológica da espécie na comunidade vegetal. Neste caso, uma espécie é considerada como mais importante em função de estar mais espalhada, ter mais indivíduos e ocupar maior área na localidade exploradas. Este parâmetro é expresso pela soma dos três índices relativos anteriores ou pela média destes, neste último caso chamado de percentual de importância.

$$IVI = FR + DR + DoR$$

Em que:

FR: Frequência relativa;

DR: Densidade relativa;

DoR: Dominância relativa.

Valor de cobertura

Tem o mesmo princípio do valor de importância, retratar a importância da espécie. Contudo, este parâmetro considera a densidade e dominância das espécies, representando respectivamente o número de indivíduos e suas dimensões.

$$VC = DR + DoR$$

Em que:

Dr: Densidade relativa;

DoR: Dominância relativa.

Volume

O volume de madeira, é uma informação imprescindível em inventários de plantio florestal e muito importante em planos de manejo. É medida utilizada para descrever o potencial produtivo de uma área de floresta. Essa medida é representada em metros cúbicos (m^3) e corresponde a quantidade efetiva de madeira em uma área. (Soares et al. 2017)

A maneira mais comum de se calcular o volume é em função do DAP e da altura, que são variáveis mensuradas diretamente em campo

Embora o volume de um sólido qualquer, matematicamente se falando, seja a simples multiplicação da base pela altura, este cálculo não funciona diretamente em inventários florestais.

Um primeiro fator a ser considerado é que em campo medimos um tronco irregular e não perfeitamente cilíndrico

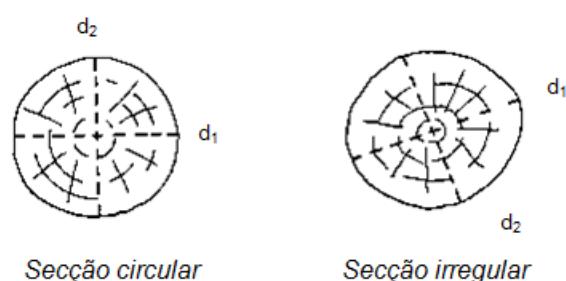


Figura 15 Diferença na área entre um troco de secção circular e um de secção irregular.
(Ribeiro 2011)

A segunda é que o tronco nunca é perfeitamente reto quase sempre apresentando algum grau de tortuosidade.

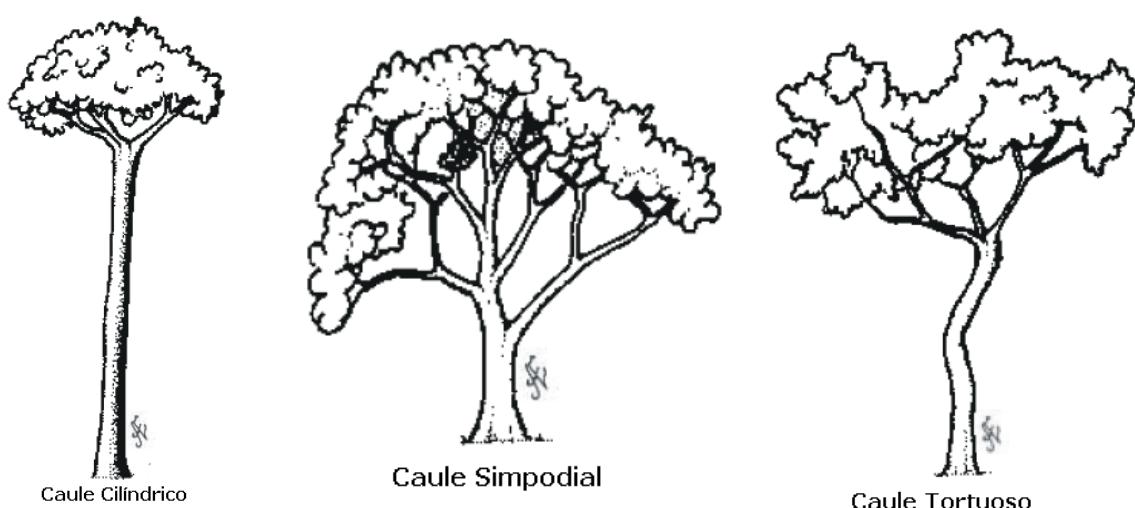


Figura 16 Diferentes tipos de fustes comuns em árvores tropicais

Por causa destas irregularidades o volume total (ou comercial) de uma árvore é sempre menor que o de uma figura geométrica sólida com as mesmas dimensões. Visando compensar esta discrepância, utiliza-se um índice chamado “fator de forma” (f). Para as florestas nativas, uma boa estimativa de fator de forma é $f=0,8$ (Correia et al. 2017).

Desta maneira, a equação para cálculo do volume seria (em caso de volume comercial substituir altura total pela comercial ou do fuste)

$$Volume\ total = área\ basal \times altura\ total \times 0,8$$

Ou, para simplificar

$$Vol = \frac{\pi DAP^2}{4} alt. f$$

Em que:

f: Fator de forma

Para estimativas mais precisa podem ser utilizadas equações volumétricas, uma das mais robustas e conhecidas é a de Schumacher. Para áreas de Santa Catarina (Correia et al. 2017) esta equação foi estimada como

$$\ln(vol) = 10,045 + 2,349 \cdot \ln(DAP) + \ln(alt)$$

Em que:

f: Fator de forma

vol: volume

DAP: Diâmetro a 1,3m do solo

alt: altura (comercial ou total)

Referências Bibliográficas

- Albuquerque J, Watzlawick L. 2012. Caracterização fitossociológica da vegetação do Faxinal Marmeleteiro de Cima no Município de Rebouças PR. **Revista Eletrônica de Biologia** 5: 129-143.
- Avery TE, Burkhart HE. 2015. **Forest measurements**: Waveland Press.
- Bolós O. 1990. **Fitocenología, estudio de comunidades de plantas**. Pages 5-21. Congresso Brasileiro de Botânica. Brasília: Universidade de Brasília.
- Bonham CD, Mergen DE, Montoya S. 2004. Plant cover estimation: a contiguous Daubenmire frame. **Rangelands** 26: 17-22.
- Braun-Blanquet J. 1979. **Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume
- Cain SA, Castro GMdO. 1959. **Manual of vegetation analysis**. New York,: Harper.
- Correia J, Fantini A, Piazza G. 2017. Equações volumétricas e fator de forma e de casca para Florestas Secundárias do litoral de Santa Catarina. **Floresta e Ambiente** 24.
- Felfili JM, Carvalho FA, Haidar RF. 2005. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**: Universidade de Brasília, Departamento de engenharia florestal Brasília.
- Felfili JM, Roitman I, Medeiros MM, Sanches M. 2011. Procedimentos e métodos de amostragem de vegetação. Pages 86-121 in Felfili-Fagg JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA, eds. **Fitossociología no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora UFV.
- Kersten RA, Galvão F. 2011. Suficiência amostral em inventários florísticos e fitossociológicos. Pages 156-173 in Felfili-Fagg JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA, eds. **Fitossociología no Brasil: métodos e estudos de caso.**, vol. 1. Viçosa: Editora UFV.
- Kersten RA, Borgo M, Galvão F. 2015. Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo in Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA, eds. **Fitossociología no Brasil Vol 2: Ecossistemas**, vol. 2. Viçosa: UFV.
- Lima MdO. 2015. Comparação de métodos de amostragem na descrição florístico-estrutural da vegetação arbórea em área de Cerradão no estado de Tocantins.
- Magnusson WE, Mourão G, Costa FRC. 2015. Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e as análises.
- Martins FR. 1991. **Estrutura de uma Floresta Mesófila**. Campinas: Unicamp.
- Matteucci SD, Colma A. 1982. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York,: Wiley.
- Munhoz CBR, Araújo GM. 2011. Métodos de amostragem do estrato Herbáceo-subarbustivo. Pages 213-230 in Felfili-Fagg JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA, eds. **Fitossociología no Brasil: métodos e estudos de caso**, vol. 1. Viçosa: Editora UFV.
- Péllico Netto S, Brena DA. 1997. **Inventário Florestal**. Curitiba: Publicado pelos autores.
- Pillar VD. 1998. Sampling sufficiency in ecological surveys. **Abstracta Botanica**: 37-48.
- Ribeiro EAW. 2011. Técnicas de mensuração de espécies arbóreas. **Cadernos de Biogeografia** Volume 1: 1-23.
- Soares CPB, de Paula Neto F, de Souza AL. 2017. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: UVF.
- Watt AS. 1947. Pattern and process in the plant community. **Journal of ecology** 35: 1-22.