

## SUMMARY

*Forest inventories generally are executed to obtain informations about commercial wood production or forest composition. But to obtain informations about the natural regeneration more accurate inventory methods are needed.*

*For the specific case of plant distribution over the area, three inventory technics may be used: the stocked quadrats, the cluster index or the zero plot diagramm. The last method, based on measurement of the distances between points and the nearest plants respectively, is easy to execute, giving rapidly the probability to find various areas without plants in the sampled population, allowing the forest engineer to take his decisions.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em inventários florestais normalmente pretende-se obter conhecimentos a respeito da estrutura de uma floresta, principalmente no que diz respeito às árvores de maiores dimensões. Conforme os objetivos destes inventários, a metodologia de trabalho é especialmente selecionada. Assim, p.ex. se o objetivo é conhecer o potencial de madeira para serraria de determinada área florestal, no inventário serão tomadas informações apenas das árvores que podem ser serradas economicamente. Como estes inventários abrangem normalmente grandes áreas, seu detalhamento não é muito grande, uma vez que isto tornaria o levantamento muito oneroso.

Quando os objetivos dos inventários são mais complexos, recorre-se a levantamentos mais precisos. Assim, no Inventário Florestal do Pinheiro no Sul do Brasil (FUPEF, 1978), que tinha como objetivos principais obter informações sobre a extensão das matas de *Araucaria angustifolia*, sua composição e potencial madeireiro e sua dinâmica regenerativa, foram aplicados três níveis de informação:

a) em unidades de amostragem de 2.500 m<sup>2</sup> foram tomadas informações de todas as árvores com diâmetro à altura do peito maior que 20 cm,

b) em unidades de amostragem de 100 m<sup>2</sup> foram tomadas informações de todas as árvores com diâmetro à altura do peito entre 5 e 20 cm,

c) em unidades de amostragem de 10 m<sup>2</sup> foram contados os exemplares jovens de espécies florestais que apresentavam DAP menor que 5 cm, para avaliar o potencial de regeneração.

A intensidade de amostragem foi de aproximadamente uma amostra por 10.000 ha de floresta, que para obtenção de informações a respeito da extensão e potencial madeireiro das florestas pode ser suficiente, porém para julgamento em termos silviculturais da regeneração das matas é de pouca valia.

No presente trabalho será descrita uma técnica para avaliar o potencial de regeneração de uma espécie florestal apenas do aspecto da distribuição dos indivíduos sobre a área, uma vez que a correta avaliação de uma regeneração natural exige técnicas de levantamento muito mais detalhadas, que serão discutidas em publicações futuras.

## 2. A DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS JOVENS

Na avaliação de uma regeneração natural deve-se atentar para várias características, tais como densidade das plantas, suas dimensões e condições de desenvolvimento. Estas características podem todas ser ótimas, porém a concentração das plantas jovens em determinadas áreas de uma floresta em regeneração, faz necessária a aplicação de tratamentos silviculturais a esta floresta, no sentido de garantir a regeneração em toda a área.

---

\* Professor assistente, Dept<sup>o</sup> de Silvicultura e Manejo, UFPr.

Para verificar como está distribuída a regeneração, existem várias técnicas: o método das parcelas ocupadas, o índice de agregação ou o método das distâncias.

### 2.1. O MÉTODO DAS PARCELAS OCUPADAS

Partindo do princípio de que uma árvore adulta ocupa determinado espaço vital em uma floresta, digamos 100 m<sup>2</sup>, podemos calcular o número final de árvores por hectare, no nosso exemplo 100 árvores. Obviamente que estas 100 árvores deverão estar bem distribuídas sobre a área. Quanto mais jovem a árvore, menor será seu espaço vital e maior será a densidade por hectare. Se consideramos agora 2.500 árvores/ha como a densidade ideal para o início de uma nova geração, podemos calcular o espaço vital para cada indivíduo, que será de 4 m<sup>2</sup>.

Do aspecto silvicultural, para uma boa regeneração, devemos ter então em cada unidade de 4 m<sup>2</sup> de uma floresta, um indivíduo saudável da espécie em regeneração. Seria no entanto muito trabalhoso verificar em 2.500 parcelas de 4 m<sup>2</sup> se estas estão ocupadas por uma planta jovem em boas condições.

Para contornar esta dificuldade, lançamos mão de amostragem, por exemplo, distribuindo 100 parcelas de 4 m<sup>2</sup> sistematicamente sobre a área em estudo. A porcentagem de parcelas ocupadas por uma planta jovem nos dará uma informação preliminar sobre a distribuição da regeneração na área em questão.

Este método na literatura inglesa é denominado de "stocked quadrats" e como muitas vezes as parcelas têm 4 m<sup>2</sup>, que equivalem a 1/1.000 de acre, também é chamado de "millacre method" (HAIG, 1931; KER, 1954).

### 2.2. O ÍNDICE DE AGREGAÇÃO

Em levantamentos de regenerações naturais ou no estudo de outras populações normalmente são utilizadas parcelas de área constante, nas quais todos os indivíduos de interesse são contados. De posse destes dados é calculada uma média ( $\bar{x}$ ) de indivíduos por parcela e

a variância ( $s^2$ ) da população. Com estes dois parâmetros pode ser calculado o índice de agregação ( $q$ ) desta população, pela fórmula

$$q = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

Se o índice de agregação for igual a 1, estamos diante de uma população distribuída ao acaso, com estrutura definida pela função de Poisson. Quando o índice é menor que 1, tendemos a uma população com distribuição sistemática e em caso oposto, quanto maior o índice — acima de 1 — mais agregada será a população.

GREIGH-SMITH (1964) e COX (1971) provaram que este índice de agregação pode variar em função do tamanho das parcelas de amostra, numa mesma população, ou seja, quanto maior a parcela, menor será o índice de agregação. Esta característica do índice torna-o pouco adequado para a maioria das regenerações naturais, principalmente quando a agregação é acentuada.

### 2.3. O MÉTODO DAS DISTÂNCIAS

Desde a muitos anos já se pensou em caracterizar a distribuição e densidade de uma população de plantas mediante a medição das distâncias que separavam dois indivíduos vizinhos ou das distâncias entre pontos quaisquer e os respectivos indivíduos mais próximos. Cabe a COX (1971) um estudo detalhado deste método, mostrando sua utilidade e limitações, e propondo através do diagrama das áreas vazias a utilidade prática das medições de distâncias. Posteriormente, LOETSCH (1973) modificou a tese de COX para facilitar sua aplicação prática.

Em seu estudo, COX simulou várias populações, com número constante de indivíduos porém com distribuição variável sobre a área, desde uma distribuição extremamente sistemática até uma distribuição extremamente agregada, e simulando amostragens nestas populações, observou o que sucedia.

### 2.3.1. A teoria do diagrama de áreas vazias

Tomando-se um ponto (o) qualquer na área em estudo, e medindo-se a distância que separa este ponto da planta mais próxima ( $P_1$ ) teremos definido o raio  $R_1$ , de comprimento igual a  $\overline{OP_1}$ , de um círculo ( $A_0$ ) que não contém plantas da espécie que está sendo estudada. Se prosseguirmos na medição de "n" raios  $R_1$  e calculando cada vez a área dos círculos  $A_0$  respectivos, obteremos para as n medições na população em estudo uma curva da frequência das áreas (Figs. 1 e 2).

Transforma-se agora a curva da frequência numa curva somatória decrescente, sendo a frequência de cada área  $A_0$  calculada em valores relativos ao total de observações. Para a construção do diagrama de áreas vazias basta um sistema cartesiano de coordenadas, tomando-se o logaritmo da frequência relativa (porcentagem), que será medido no eixo das ordenadas e a área respectiva, que será medida no eixo das abcissas, como coordenadas dos pontos do diagrama. Para a representação, o diagrama de áreas vazias está completo (Fig. 3).

Para a primeira interpretação do diagrama, basta agora escolher uma determinada área  $A_0$  e verificar qual a frequência acumulada que lhe corresponde. Assim, na Fig. 3, temos para a área  $A_0$  uma frequência de  $10^{1,0} = 10\%$  e para a área  $A_0'$  uma frequência de  $10^{1,48} = 30,2\%$ , o que significa, que nesta população, a probabilidade de encontrar uma área sem plantas maior que  $A_0$  é de  $10\%$  e para a área  $A_0'$ , que é menor, esta probabilidade aumenta para  $30,2\%$ . Portanto, quanto maior uma área de amostra, menos provável será que esta não contenha uma planta.

### 2.3.2. As retas de teste

Para melhorar a interpretação do diagrama de áreas vazias, devem ser incorporadas retas de teste, as quais permitem de uma forma bem simples e rápida, avaliar a aptidão silvicultural de uma regeneração natural, do ponto de vista da distribuição das plantas.

As retas de teste são calculadas em função da distribuição ao acaso de popu-

lações com diferentes densidades, conhecidas. Em populações com distribuição casual dos indivíduos, o número de plantas por parcela pode ser definido pela fórmula de Poisson. Para o caso presente, não interessa a frequência com que vão ocorrer todos os eventos (0, 1, 2, etc. plantas/parcela) e sim apenas o evento 0 (a parcela está vazia). Pela fórmula de Poisson, a probabilidade de que ocorra este evento é

$$P_{(0)} = e^{-m}$$

sendo m o número médio de indivíduos por parcela na população.

Tomamos agora uma população com p.ex. 10.000 plantas/ha e supomos que estas plantas estão distribuídas ao acaso. Uma parcela de amostra de  $1 \text{ m}^2$  conterá em média uma planta, e a probabilidade P de que esta parcela esteja vazia é

$$P_{(0)} = e^{-1}$$

$$P_{(0)} = 0,368$$

$$P_{(0)} = 36,8\%$$

Nesta mesma população, se ao invés de  $1 \text{ m}^2$  tomamos parcelas de  $3 \text{ m}^2$ , portanto com em média 3 plantas/parcela, a probabilidade P será de

$$P_{(0)} = e^{-3}$$

$$P_{(0)} = 0,049$$

$$P_{(0)} = 5\%$$

Para a reta teste no diagrama de áreas vazias, precisamos de dois pares de coordenadas, calculadas em função da densidade. No exemplo citado, o primeiro par seria  $1 \text{ m}^2$  e  $\log(36,8\%)$  e o segundo analogamente  $3 \text{ m}^2$  e  $\log(5,0\%)$ . Para cada densidade teremos portanto uma reta definida no sistema de coordenadas.

A representação destas retas no diagrama de áreas vazias dá-nos agora o instrumento mais prático para avaliar o potencial de regeneração de uma área florestal, do ponto de vista da distribuição das plantas (fig. 4).

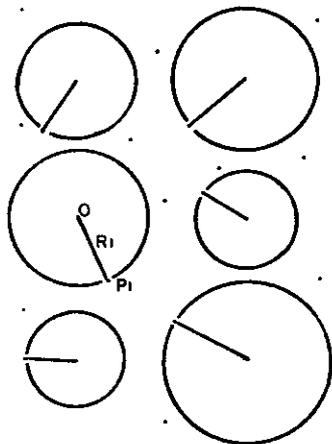


Fig. 1 - Círculos que não contêm plantas numa regeneração natural.

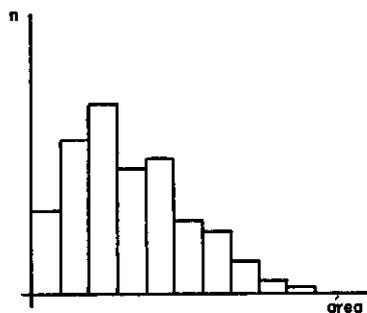


Fig. 2 - Histograma hipotético da distribuição das frequências de áreas sem plantas.

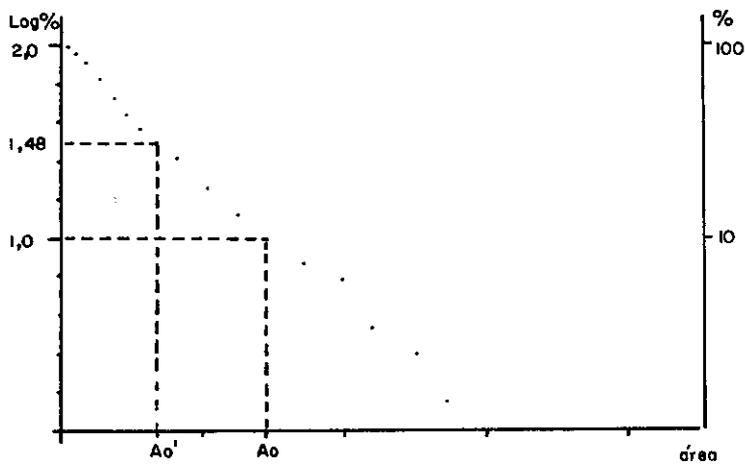


Fig. 3 - Diagrama de áreas vazias. Numa população representada pela sequência de pontos, a probabilidade de encontrar uma área  $A_0$  sem plantas é de 10%.

Neste diagrama veem-se duas retas e os pontos para a população empírica. Como os pontos da população estão sobre uma curva que está entre as duas retas, pode-se afirmar que esta população tem entre 10.000 e 20.000 plantas/ha bem distribuídas e que com uma probabilidade de 5% vamos encontrar áreas vazias com mais de 2,5 m<sup>2</sup>.

Como para o aproveitamento de uma regeneração natural são mais importantes as áreas sem plantas, pode-se em função de limites estipulados para a área da parcela vazia e a probabilidade de ocorrência desta, aceitar ou desprezar esta regeneração.

O diagrama das parcelas vazias não permite estimar o número de plantas por unidade de área. Para esta estimativa são necessários levantamentos baseados em áreas de amostragem com parcelas de tamanho fixo. Mas se conhecemos a densidade de uma população e fazemos o diagrama de áreas vazias para esta população, podemos ter uma idéia da distribuição destas plantas sobre a área.

No caso de plantas distribuídas ao acaso, para a densidade encontrada na amostragem haverá uma reta correspondente no diagrama de áreas vazias e os pontos da distribuição das áreas vazias, obtidos através do cálculo das áreas sem plantas no sistema de medição da distância ponto-primeira planta, obviamente estarão sobre esta reta.

Em populações agregadas, a densidade obtida através da amostragem será maior do que aquela que pode ser lida no diagrama de áreas vazias para esta população. Exemplificando na fig. 4, a densidade representada pela sequência de pontos é de aproximadamente 12.000 plantas/ha. Se na amostragem for constatada esta densidade, a população terá uma distribuição ao acaso, se no entanto na amostragem for obtida uma densidade maior, esta população estará agregada.

### 3. O DIAGRAMA DE ÁREAS VAZIAS NA PRÁTICA

#### 3.1. TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA

Para aplicação do diagrama de áreas vazias na prática devem ser seguidas as seguintes etapas:

a) Determinação dos pontos de origem das medições na mata, preferencialmente distribuídos sistematicamente sobre a área e em número suficiente para reduzir o erro de amostragem a um nível aceitável ( $n \geq 30$ ).

b) Medição dos raios, ou seja, da distância entre os pontos e a primeira planta.

c) Ordenamento dos raios em ordem crescente; com número grande de raios ( $> 50$ ) divisão em classes, no mínimo 8.

d) Cálculo da somatória decrescente, em porcentagem.

e) Cálculo dos logaritmos das porcentagens.

f) Cálculo das áreas correspondentes a cada raio ou classe de raios.

g) Construção do diagrama de áreas vazias, num sistema cartesiano de coordenadas sendo o eixo das ordenadas para o logaritmo da porcentagem e o eixo das abscissas para as áreas respectivas.

h) Cálculo das coordenadas das retas teste, de acordo com exigências de densidade pré-estabelecidas.

Na fig. 5 estão representadas três seqüências de pontos, obtidas em três regenerações naturais de *Pinus sylvestris* na Alemanha. As retas teste também estão representadas.

#### 3.2. Interpretação do diagrama de áreas vazias

As três regenerações representam situações típicas encontradas em áreas de regeneração natural. Elas se diferenciam tanto em relação ao número de indivíduos por área como pelos tratamentos silviculturais que receberam:

Tipo I: densidade alta, sem tratamentos silviculturais preparatórios, com pequenas áreas vazias.

Tipo II: densidade média, com tratamentos silviculturais preparatórios e áreas vazias um pouco maiores.

Tipo III: densidade baixa, sem tratamentos silviculturais preparatórios e áreas vazias grandes.

No tipo I os pontos estão sobre uma reta, que representa uma população de 50.000 plantas/ha, com estrutura de Poisson. Esta população tem porém uma

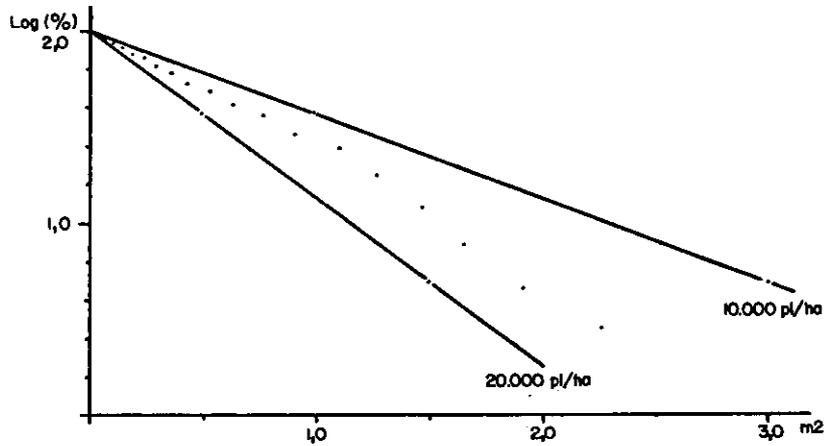


Fig. 4 - Diagrama de áreas vazias com duas retas teste para populações distribuídas aleatoriamente sobre a área.

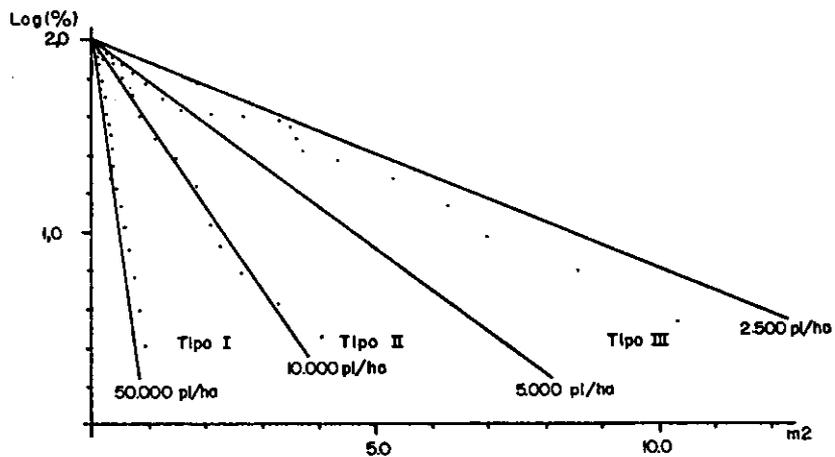


Fig. 5 - Diagramas de áreas vazias de tres regenerações naturais de *Pinus sylvestris*, com retas teste.

densidade real de 104.000 plantas/ha, o que permite a afirmação de que a distribuição das plantas está agregada. Porém esta agregação pode ser desprezada, uma vez que com uma probabilidade de 5% encontramos uma área vazia de 0,8 m<sup>2</sup>.

No tipo II os pontos estão sobre uma reta que caracteriza uma população de 10.000 plantas/ha distribuídas ao acaso. A densidade real no entanto é de 20.000 plantas/ha. Neste caso também tem-se uma agregação, porém as áreas vazias são maiores. Assim, uma área de 3,3 m<sup>2</sup> sem plantas tem 5% de probabilidade de ocorrência.

No tipo III, a distribuição muito irregular dos pontos no gráfico e a concavidade dessa distribuição na parte superior sugerem uma agregação muito grande desta população. A densidade real de 15.000 plantas/ha está sensivelmente mais elevada que a sugerida no gráfico. Comprova-se isto também pelo tamanho das áreas vazias. Para o nível de probabilidade de 5% temos uma área vazia de 9 m<sup>2</sup>, o que significa a necessidade de intervenção nesta área de regeneração para obtenção de número suficiente de plantas jovens da espécie desejada bem distribuídas sobre a área.

#### 4. CONCLUSÕES

Como foi mostrado no exemplo citado, a necessidade de intervenção do engenheiro florestal na condução da regeneração natural não depende da densidade de plantas por unidade de área apenas. Para o sucesso das técnicas de regeneração natural a ocupação dos espaços vazios tem importância fundamental.

As técnicas de aferição dos resultados da regeneração natural devem portanto ser baseadas em levantamentos que forneçam dados sobre a distribuição e magnitude de áreas desocupadas. O método das parcelas ocupadas é muito simples e de fácil execução, porém não fornece o tamanho das áreas desocupadas. Já através da medição das distâncias entre pontos quaisquer e as plantas mais próximas pode-se com auxílio do diagrama de áreas vazias chegar facilmente à distribuição e tamanhos das áreas desocupadas numa regeneração na-

tural ou outra população qualquer de plantas.

O método proposto é simples e de fácil execução, não exigindo do executor muitos cálculos, para fornecer dados que lhe permitam tomar uma decisão sobre a necessidade de aplicação de técnicas silviculturais acessórias.

#### 5. RESUMO

O inventário florestal em sua maior parte é dirigido para a obtenção de informações sobre produção de madeira ou composição da floresta. Para a obtenção de informações sobre a regeneração natural são necessários métodos de inventário mais sensíveis.

Para o caso específico da distribuição das plantas sobre a área podem ser utilizadas três técnicas: as parcelas ocupadas, o índice de agregação ou o diagrama de áreas vazias. O último método baseado na medição entre pontos e as plantas mais próximas respectivamente, é de fácil execução, fornecendo em pouco tempo a probabilidade com que áreas desocupadas de diferentes magnitudes são encontradas na população amostrada, permitindo a tomada de decisões do engenheiro florestal.

#### 6. LITERATURA CITADA

1. COX, F. (1971): Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen. *Mitt.d. BFA*, Nr. 87, 182 pg.
2. FUPEF (1978): *Inventário florestal do pinheiro no sul do Brasil*. I.B.D.F., 327 pg.
3. GREIG-SMITH, P. (1964): *Quantitative plant ecology*. Butterworth, Londres, 256 pg.
4. HAIG, I.T. (1931): The stocked-quadrate method of sampling reproduction stands. *Journal of Forestry* 29: 747-749.
5. KER, J.W. (1954): Distribution series arising in quadrat sampling of reproduction. *Journal of Forestry* 52:838-841.
6. LOETSCH, F. (1973): Pruefung von Verteilungsart und Dichte der Verjuengung mit Hilfe des Nullflächendiagramms. *Forstarchiv* 44: 77-83.