

## **Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais**

### *Indicators for the sustainability of natural forests*

Flávio Bertin Gandara  
IPEF

Paulo Yoshio Kageyama  
Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP

**RESUMO:** A existência de uma significativa quantidade de áreas cobertas com vegetação nativa nas empresas florestais acrescidas de outras áreas revegetadas faz com que seja crescente o interesse para o seu monitoramento no que se refere à manutenção da diversidade e processos ecológicos. No entanto, a complexidade de ecossistemas florestais tropicais traz dificuldades para a obtenção de dados e elaboração de bons indicadores para o monitoramento de mudanças causadas pela atividade antrópica. Neste contexto, sugere-se índices relacionados a parâmetros demográficos e genéticos, como riqueza de espécies arbóreas, diversidade genética dentro de populações e espécies indicadoras. Tais indicadores estão sendo construídos e dependem ainda da geração de uma maior quantidade de dados para o estabelecimento de padrões referenciais para cada situação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores, Florestas nativas, Sustentabilidade, diversidade.

**ABSTRACT:** The existence of a significant quantity of areas with native vegetation in forest companies and other areas with mixed plantation of native species makes the monitoring of increasing interest for the maintenance of diversity and ecological processes. Nevertheless, the complexity of the tropical forests ecosystems brings difficulties for the data gathering and elaboration of good indicators for the monitoring of changes caused by anthropic activities. In this way, is suggest that indexes related to demographic and genetic parameters, like richness of tree species, genetic diversity within populations and indicator species. These indicators are being constructed and still depend on the generation of bigger quantity of data for the establishment of referential patterns for each situation.

**KEYWORDS:** Indicators, Native vegetation, Sustainability, Diversity.

## **INTRODUÇÃO**

Com o crescente interesse das empresas privadas na conservação de florestas nativas, naturais ou implantadas, torna-se importante a definição de indicadores de sustentabilidade, que possam servir de referência para a avaliação dos fragmentos e plantações mistas de espécies nativas, quanto à sua capacidade de manutenção das populações das espécies neles existentes. Dessa forma, tanto as áreas de proteção permanente (APP) como as de reserva legal (RL) poderiam ser quantificadas e diferenciadas por parâmetros adequados quanto à sua importância no sentido de armazenar populações viáveis da imensa quantidade de espécies de nossas florestas tropicais, e mesmo de espécies consideradas mais importantes por algum critério. Esses locais, também, pela sua importância em termos de manutenção da diversidade e processos ecológicos devem ser constantemente monitorados e avaliados (Boyle e Boontawee, 1995). Por outro lado, medidas devem ser tomadas, no sentido de orientar ações visando a reconstituição de populações deterioradas geneticamente, ou ainda a ligação entre populações pequenas, o que se tem denominado de corredores de fluxo gênico.

O objetivo deste trabalho é, portanto, o de resgatar os conceitos teóricos que dizem respeito à diversidade de espécies de uma comunidade florestal de um ecossistema natural tropical, assim como da diversidade genética dentro de suas populações, no sentido de apontar indicadores eficientes que possam avaliar o estado das áreas de florestas nativas e plantios mistos de espécies nativas das empresas. Assim, os fragmentos poderiam ser considerados também quanto ao seu papel de conservação genética de populações de espécies bandeiras, além do seu papel ecológico de manutenção das funções básicas do ecossistema. Em função do material de trabalho, abordar-se-á somente as espécies arbóreas, se bem que dentro de certas proporções pode-se extrapolar a maioria dos conceitos aqui utilizados para outras plantas e organismos.

## **CONSERVAÇÃO EM FRAGMENTOS**

Uma floresta tropical típica tem como característica principal a de possuir um grande número de espécies arbóreas, normalmente de 100 a 300 por hectare (WCMC, 1992), com uma grande variação entre elas em termos de densidade de indivíduos, longevidade e papel sucessional. Espécies típicas de grupos funcionais têm características bem determinadas, funcionando como padrões para referência, podendo ser então gerais para a maioria das florestas tropicais, independente de sua composição florística. Como definir tais padrões referenciais é a questão fundamental para o estabelecimento de espécies indicadoras de sustentabilidade dos fragmentos florestais e plantios mistos com espécies nativas.

Assim, quantos indivíduos adultos formam uma população mínima viável geneticamente, em termos de curto (algumas gerações) e de longo prazo (muitas gerações) para espécies alógamas, seria um parâmetro fundamental para definir sustentabilidade. Nesse sentido, um referencial internacional para reservas genéticas (longo prazo) tem uma população com 500 indivíduos não aparentados; já a coleta de sementes para fins de plantações de proteção (curto prazo) pode ter como referência 50 indivíduos de uma população natural. Tradicionalmente, esses números são embasados no que se denomina tamanho efetivo de população ( $N_e$ ), e se referem ao número de indivíduos com determinada probabilidade para não ocorrência de problemas genéticos associados com deriva e

endogamia. Esse número de indivíduos vem sendo assumido como sendo o número de indivíduos na população devido à falta de estimativas mais precisas, mas com o avanço rápido da geração de dados a partir de marcadores genéticos, particularmente de isoenzimas e tecnologias baseadas em DNA, associado a abordagens estatísticas mais refinadas, é possível agora estimar  $N_e$  para populações naturais a partir de estimativas de coeficiente de endogamia e variância genética (Vencovsky, 1992).

Através desses tamanhos mínimos de populações, aplicados a espécies de determinados grupos específicos, poder-se-ia identificar espécies indicadoras, que pudessem ser reconhecidas em quaisquer florestas tropicais, e cujas respostas pudessem ser preditas em situações características. Como um modelo de tais grupos pode-se citar as espécies secundárias raras, que têm uma densidade muito baixa de indivíduos adultos em florestas primárias e que se tornam muito comuns, porém com aumento de endogamia em populações de florestas secundárias. Um outro modelo seria o de espécies climáticas comuns nas florestas primárias e que desaparecem em condições de florestas secundárias ou perturbadas (Gandara *et al.*, 1997).

Neste sentido, pode-se notar a importância do cruzamento de informações demográficas e genéticas. Silvertown e Doust (1993) consideram que a biologia de populações pode realmente incorporar demografia e genética somente se cada uma dessas vertentes considerar as variáveis que são importantes para a outra. Os parâmetros que unem essas duas ciências são os que podem ser úteis para gerar indicadores de monitoramento.

## **INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Nos indicadores sugeridos e discutidos a seguir procurou-se considerar as características desejáveis de um "bom" indicador (Baker, Ferreira e Saile, 1997), que deve ser: barato, incorporar as informações disponíveis, simples mas precisamente definido, padronizado, orientado ao manejo, objetivo, não ambíguo e disponível periodicamente.

Dessa forma, um conjunto de indicadores genético-demográficos ao nível de diversidade entre e dentro de populações, aplicados a espécies indicadoras, poderiam ser adequados para a definição de parâmetros a serem utilizados em fragmentos e plantações mistas de diferentes tamanhos e condições de integridade, para fins de sua avaliação objetiva.

### *Diversidade de espécies*

A simples medida da riqueza de espécies da comunidade ou parte dela é um parâmetro muito informativo, obtido meramente por contagem ou por extrapolação estatística (Pielou, 1995). Muito embora o número de espécies arbóreas ( $N$ ) seja variável de local para local, há uma amplitude dentro da qual um levantamento efetuado em uma parcela de cerca de 1 hectare (normalmente usada) pode ser uma referência para apontar o estado de integridade do fragmento. Da mesma forma, o percentual de espécies raras (ER) (espécies com 1 indivíduo adulto ou menos/ha) é também um indicador da estrutura da comunidade do fragmento. As médias de 120 espécies por hectare e de 30% de espécies raras são referenciais para  $N$  e ER, respectivamente, para as florestas estacionais do Estado de São Paulo, muito embora os levantamentos locais, ou próximos, sejam referenciais melhores e devam ser consultados (Kageyama e Gandara, 1998).

### *Diversidade genética dentro de populações*

Os parâmetros: i) Taxa de cruzamento multilocus (tm), ii) Índice de estrutura genética espacial (índice I de Moran) e iii) Coeficiente de endogamia (f) são os normalmente usados para apontar defeitos genéticos nas populações, decorrentes de perturbações no ecossistema. Assim, padrões de amplitude de variação para esses parâmetros seriam bons indicadores para diferenciar florestas primárias de secundárias, sempre tendo como modelos as espécies indicadoras ou representativas da comunidade. Os parâmetros acima têm como referência os valores: acima de 90%, próximo de 0,0 e próximo de 0,0, respectivamente, para florestas não perturbadas.

Estes parâmetros são estimados através de dados gerados por marcadores genéticos. Para rapidamente acessar a organização da variabilidade genética em populações naturais utilizam-se marcadores bioquímicos e moleculares. Estas tecnologias captam as variações que existem ao nível da molécula de DNA, revelando múltiplas formas (polimorfismo) que existem entre os indivíduos. A geração e análise de dados genotípicos a partir de marcadores neutros tem uma série de vantagens sobre análises morfométricas: i) é relativamente barata, considerando-se a quantidade de informações geradas, sendo que, se torna cada vez mais acessível e menos custosa à medida que avança a tecnologia; ii) pode ser prontamente aplicada a qualquer espécie; iii) envolve amostragem não destrutiva de material biológico; iv) gera dados sem influência ambiental, e; v) permite gerar dados rapidamente (Ferreira e Grattapaglia, 1996).

A maior parte dos dados disponíveis até o momento são provenientes de análises de eletroforese de isoenzimas, que ainda é uma tecnologia bastante útil para a geração de um grande número de dados sobre genética de populações de plantas (Szmidt, 1995), no entanto, as técnicas de análise genômica via PCR têm avançado rapidamente e vão se tornar interessantes, nessa área, em um futuro próximo.

### *Espécies indicadoras*

Uma espécie manteria sua evolução normal se as ações antrópicas não afetassem as interações com outros organismos, tais como, dispersão de sementes, polinização, predação, competição, mutualismo, simbiose e herbivoria. Obviamente, monitorar todas essas interações e os organismos relacionados seria uma tarefa praticamente impossível para uma espécie e totalmente impraticável para toda a comunidade em ecossistemas muito diversos como a floresta tropical. Uma alternativa é monitorar os parâmetros demográficos (abundância, distribuição etária, mortalidade, taxa de crescimento) e genéticos (heterozigosidade esperada, taxa de cruzamento, auto correlação espacial, endogamia) em poucas espécies modelo (Gandara *et al.*, 1997). Pelo fato desses parâmetros serem altamente dependentes dessas interações, um padrão de estabilidade indicaria a manutenção dessas interações de uma considerável parte da comunidade.

Vários conceitos da floresta tropical têm sido usados na tentativa de associação com os parâmetros de diversidade genética, sendo que o grau de raridade, o grupo sucessional e o efeito da perturbação têm sido os mais significativos.

Pode-se apontar dois grupos de espécies indicadoras: i) espécies secundárias raras em florestas primárias que ficam comuns nas matas secundárias; e ii) espécies clímax comuns em florestas primárias e que desaparecem nas florestas secundárias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que os parâmetros sugeridos neste trabalho têm sido empregados apenas recentemente em florestas tropicais e, portanto, necessitam de um maior enriquecimento de dados para serem estabelecidos padrões referenciais que possam ser aplicados para monitorar diferentes situações. Neste sentido, passa a ser importante o estabelecimento de áreas piloto em diversos locais e situações onde possa ser feita a coleta e pesquisa permanente de dados para alimentar estes índices.

Ações nesse sentido são particularmente importantes dentro da área original do domínio da Floresta Atlântica, pois devido ao seu altíssimo grau de degradação, necessita de um maior número possível de informações sobre as áreas ainda remanescentes. Neste contexto, as empresas florestais têm um papel importantíssimo, pois detêm uma parcela significativa de remanescentes de Floresta Atlântica, que precisam ser monitoradas quanto à sua conservação para o futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER. D.S.; FERREIRA. L.M.; SAILE. P.W. *Biodiversity monitoring in federal protected areas: defining the methodology*. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIODIVERSITY MONITORING IN FEDERAL PROTECTED AREAS: DEFINING THE METHODOLOGY. *Proceedings*. Brasília: IBAMA/GTZ. 1997. 246p.
- BOYLE. T.J.B.; BOONTAWEE. B. *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests*. Bogor: CIFOR/ IUFRO, 1995. 395p.
- FERREIRA. M.E.; GRATTAPAGLIA. D. *Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética*. Brasília: Editora Lumma/EMBRAPA/CENARGEN. 1996. 221p.
- GANDARA. EB.; GRATTAPAGLIA. D.; KAGEYAMA. P.; BATISTA, J.L.F.; CIAMPI. A.; WALTER. B.; CAVALCANTI. T.; UDRY, C.; ABDALA, G.. Towards the development of genetic and ecological parameters for *in si tu* conservation forest genetic resources. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIODIVERSITY MONITORING IN FEDERAL PROTECTED AREAS: DEFINING THE METHODOLOGY. *Proceedings*. Brasília: IBAMA/GTZ. 1997. P.95-111
- KACEYAMA, P.; GANDARA, F.B.. Revegetação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R., coord. *Ecologia de matas ciliares*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. (no prelo)
- PIELOU, E.C. Biodiversity versus old-style diversity measuring biodiversity for conservation. In: BOYLE, T.J.B.; BOONTA'NEE, B., ed. *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests*. Bogor: CIFO R/IUFRO, 1995. p.5-17
- SILVERTOWN, J.W.; DOUST,J.L. *Introduction to plant population biology*. London: Blackwell Scientific, 1993. 210p.

SZMIDT, A.E. Molecular population genetics and evolution: two missing elements in studies of biodiversity. In: BOYLE, T.J.B.; BOONTAWEE, B., ed. *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests*. Bogor: CIFOR/IUFRO, 1995. p.177-193

VENCOVSKY, R. Análise de variância de frequências alélicas. *Revista brasileira de genética*, v.15, n.1, p.53-60, 1992.

WCMC. *Global biodiversity*. London: Chapman & Hall, 1992. 585p.