

AULA 4 BÁSICA

PASTA:

68

COPIAS:

08

Quilva 4

CONSERVAÇÃO DE POPULAÇÕES E ESPÉCIES

No passado, ONGS e ecologistas se preocupavam unicamente com espécies carismáticas, de um modo que se que "passar". Mais recentemente, percebeu-se que este enfoque é pouco efetivo para a conservação de espécies, já que nenhuma espécie pode ser conservada independentemente de seu ambiente.

R\$:

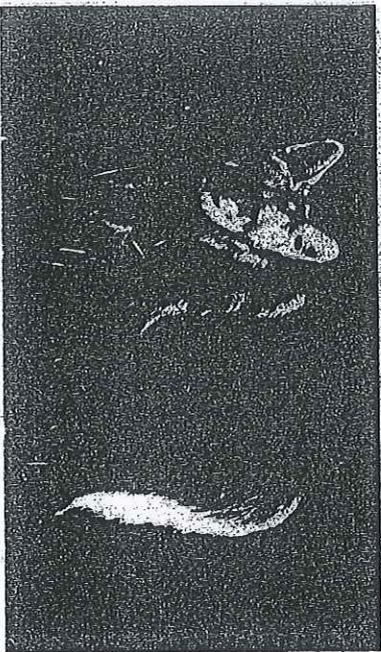


FIGURA 3.1. Espécies carismáticas como o leão-marinho. Garatá desperdiçou o efeito do público em geral. Cabe aos conservacionistas mostrar para as pessoas a conexão entre uma espécie carismática, as outras espécies, o homem e o ambiente, como um leão-marinho, e a vida.

Dr. José Carlos Menni Jr. (1971)

Os Problemas das Pequenas Populações

Como regra geral, um plano de conservação para uma espécie ameaçada requer que o maior número possível de indivíduos seja preservado em um habitat protegido. Entretanto, essa afirmação genérica não prevê diretrizes específicas para apoiar planejadores, administradores, políticos e biólogos da vida silvestre em suas tentativas de evitar a extinção das espécies. O problema é agravado pelo fato de que planejadores frequentemente atuam sem um entendimento adequado da extensão e das necessidades dos habitats. Por exemplo, os 5.300 ha da Reserva Biológica de Poço das Antas (RJ), onde vivem aproximadamente 400 Microtus-Loefer-Dourados, são suficientes para sua preservação ou seria necessário que seu habitat fosse preservado para um número de 500, 5.000, 50.000, ou ainda mais indivíduos? Além disso, os planejadores devem conciliar demandas conflitantes sobre recursos limitados — um problema bem evidenciado no debate sobre as alterações no Código Florestal, que coloca frente a frente a questão vegetação nativa versus área agricultável.

Em um trabalho pioneiro, Shaffer (1981) definiu o número de indivíduos necessário para assegurar a sobrevivência de uma espécie como sendo sua **população viável mínima (PVM)**: "Uma população viável mínima para qualquer espécie em um determinado habitat é a menor população isolada que tenha 98% de chances de continuar existindo por 1.000 anos, a despeito dos efeitos previsíveis de aleatoriedade genética, ambiental e demográfica, e de catástrofes naturais". Em outras palavras, uma PVM é a menor população que tenha uma grande chance de sobrevivência no futuro. Shaffer enfatizou a natureza especulativa dessa definição, afirmando que as probabilidades de sobrevivência poderiam ser estabelecidas em 95%, 99%, ou qualquer outra porcentagem, e que o tempo poderia do mesmo modo ser ajustado, por exemplo, para 100 ou 500 anos. O ponto-chave da PVM é que ela permite uma estimativa para se quantificar os indivíduos necessários para que uma espécie seja preservada (Menges, 1991).

Shaffer (1981) comparou os esforços de proteção da PVM com os esforços de controle de inundações. Ao planejar sistemas de controle de inundações e regular a construção em áreas alagáveis, não basta ter como ponto de referência a média anual de densidade pluviométrica. É necessário planejar para prevenir inundações sérias, mesmo que estas ocorram somente uma vez a cada 50 anos. Do mesmo modo, em relação aos sistemas naturais de proteção, entendemos que certos eventos catastróficos, tais como grandes furacões, terremotos, incêndios em florestas, erupções vulcânicas, epidemias e desaparecimento progressivo de fontes de alimentos, podem ocorrer em intervalos até mesmo maiores. Para se planejar a proteção a longo prazo de uma espécie ameaçada, nós não apenas temos que considerar as necessidades da espécie em anos normais, mas também em anos excepcionais. Em anos de seca, por exemplo, os animais podem migrar para bem mais além das suas áreas normais, a fim de obter a água que precisam para sobreviver.

Para se ter um número preciso da PVM de uma determinada espécie, é necessário um estudo demográfico detalhado da população e uma análise ambiental da área. Isto pode custar muito e exigir meses ou até mesmo anos de pesquisa (Thomas, 1990). Alguns biólogos têm sugerido de 500 a 1.000 indivíduos para vertebrados como o número a ser protegido, de modo geral. Esta quantidade parece ser a adequada para que se consiga preservar uma variabilidade genética (Lande, 1988). Ao garantir este número, é possível, então, que um mínimo de indivíduos sobreviva em anos catastróficos e sua população retorne ao seu nível anterior. Para espécies com tamanhos populacionais extremamente variáveis, tais

PRINACK, R.B., RODRIGUES, E. LOUZEIRA, ED. PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA RESERVA BIOLÓGICA DE POÇO DAS ANTAS, RJ.

COPIA PARA AULA NOSELU

como certos invertebrados e plantas anuais, tem-se sugerido a proteção de uma população de cerca de 10.000 indivíduos, como estratégia eficaz.

Uma vez que uma população viável mínima tenha sido determinada para uma certa espécie, a **área dinâmica mínima (ADM)**, ou seja, a extensão de habitat adequado para manter esta PMV pode então ser calculada. A ADM pode ser estimada

através de um estudo dos tamanhos de áreas de habitação dos indivíduos e dos grupos (Thollay, 1989). As estimativas são de que reservas de 10.000 a 100.000 ha são necessárias para a preservação de populações de mamíferos de pequeno porte (Schonewald-Cox, 1983). Já para a preservação das Oncas do

Pantanal, por exemplo, a superfície envolvida é enorme. Uma única onça ocupa 14.200 ha (Crawshaw e Quigley, 1991).

Um dos exemplos melhor documentados de determinação de tamanho mínimo de população viável, vem de um estudo sobre a sobrevivência de 120 cabras montesas (*Ovis montensis*) nos desertos do Sudeste dos Estados Unidos (Berger, 1990). Algumas dessas populações têm sido acompanhadas por até 70 anos. Uma observação surpreendente foi a de

que 100% das populações com menos de 50 indivíduos se extinguíram em 50 anos, enquanto que quase todas as populações acima de 100 sobreviveram nesse mesmo período de tempo (figura 3.2). Estudos em campo e a longo prazo, com pássaros das Ilhas do Canal, evidenciam a necessidade de grandes populações para garantia de sua sobrevivência. Somente as populações acima de 100 pares tiveram

uma chance maior que 90% de sobrevivência ao longo de 80 anos (Jones e Diamond, 1976). Entretanto, não devemos ignorar totalmente as populações pequenas: muitas populações de pássaros têm aparentemente sobrevivido por 80 anos com 10 ou menos casais.

Apesar das exceções, as grandes populações são necessárias para a proteção da maioria das espécies, e as espécies com baixa densidade demográfica encontram-se em perigo ainda maior de extinção. As pequenas populações estão sujeitas a um rápido declínio em número e à extinção local, devido a 3 razões principais: problemas resultantes da perda de variabilidade genética, endogamia e deriva genética; flutuações demográficas devido a variações ao acaso, nas taxas de nascimento e mortalidade; flutuações

ambientais devido às variações de ação predatória, competição, incidência de doenças e suprimentos de alimentos, assim como catástrofes naturais resultantes de eventos singulares em intervalos irregulares, tais como incêndios, enchentes ou secas.

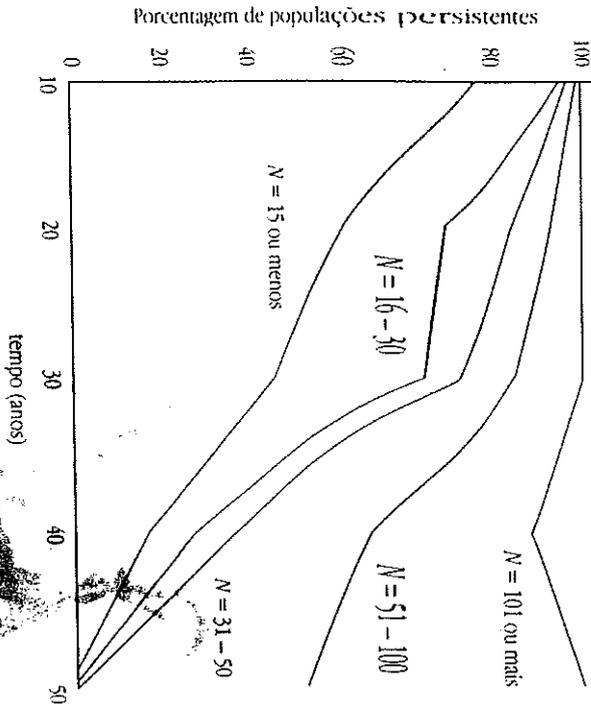


FIGURA 3.2. Relação entre o tamanho populacional da cabra montesa *Ovis canadensis* e a porcentagem de populações que sobrevivem ao longo do tempo. Os números no gráfico indicam o tamanho da população (N). Quase todas as populações com mais de 100 cabras sobreviveram mais de 50 anos, enquanto populações com menos de 50 cabras se extinguíram no mesmo período. (Berger, 1990)



Perda de variabilidade genética

A variabilidade genética é

importante na medida em que permite que as populações se adaptem a um ambiente em transformação (*ver Crpifido 1*). Indivíduos com certos alelos ou combinações de alelos podem ter eva-

tivamente as características necessárias para sobreviver e reproduzir em situa-

ções novas. Dentro de uma população, certos alelos podem ter uma frequência que varia de comum a muito rara. Em populações pequenas, as frequências podem ser diferentes de uma geração para outra, aleatoriamente, dependendo simplesmente do acasalamento e reprodução dos indivíduos. Este é um processo conhecido como deriva genética. Quando a frequência de um alelo em uma população pequena é baixa, este tem grandes possibilidades de se perder a cada geração que passa. Considerando, reoricamente, uma população isolada na qual há dois alelos por gene, Wright (1931) propôs uma fórmula para expressar a expectativa de declínio de heterozigotidade (indivíduos possuindo duas formas diferentes de alelo do mesmo gene) por geração (ΔF) em

função de determinado tamanho efetivo de população (N_e):

$$\Delta F = \frac{1}{2N_e}$$

De acordo com essa equação, uma população de 50 indivíduos demonstraria um declínio em heterozigotidade de 1% (1/100) por geração, devido à perda de alelos raros. Uma população de 10 indivíduos teria um declínio de 5% (1/20, ou 5/100) por geração (*figura 3.3*).

Esta fórmula demonstra que perdas significativas de variabilidade genética podem ocorrer em populações pequenas isoladas. Entretanto, a migração de indivíduos entre populações e a mutação regular de genes tendem a aumentar a variabilidade genética em uma população e a equilibrar os efeitos da deriva genética. Mesmo uma baixa frequência de movimento entre populações minimiza a perda de variabilidade genética associada ao pequeno tamanho de população (Lacey, 1987). Se apenas um novo imigrante chegar a cada geração, em uma população isolada de cerca de 100 indivíduos, a deriva genética será mínima. Tal **fluxo genético** parece ser o principal fator preventivo da perda de variabilidade genética nos tentilhões das ilhas de

Galápagos (Grant e Grant, 1992). Embora as taxas de mutação encontradas na natureza – cerca de 1 em 1.000 até 1 em 10.000 por gene, por geração – possam compensar as perdas aleatórias de alelos em grandes populações, elas não afetam a deriva genética em populações pequenas de aproximadamente 100 ou menos indivíduos.

Além das teorias e simulações, dados de campo também demonstram que uma população pequena perde alelos mais rapidamente. Em uma espécie de conífera da Nova Zelândia, populações pequenas sofreram perdas muito maiores de variabilidade genética do que grandes populações (Billington, 1991). Quando 11 pares de espécies de plantas foram comparados, todas as espécies raras apresentaram variabilidade genética menor do que as espécies comuns do mesmo gênero (Karron, 1987). Uma extensa revisão de estudos sobre variabilidade genética em plantas, demonstrou que apenas 8 de 113 espécies não tinham variabilidade genética mensurável, e que a maioria dessas 8 espécies eram de ocorrência limitada (Hamrick e Godt, 1999).

Pequenas populações sujeitas à deriva genética são mais suscetíveis a efeitos genéticos deletérios, tais como depressão endogâmica, perda da flexibilidade evolucionária e depressão exogâmica. Estes fatores podem contribuir para um declínio no tamanho da

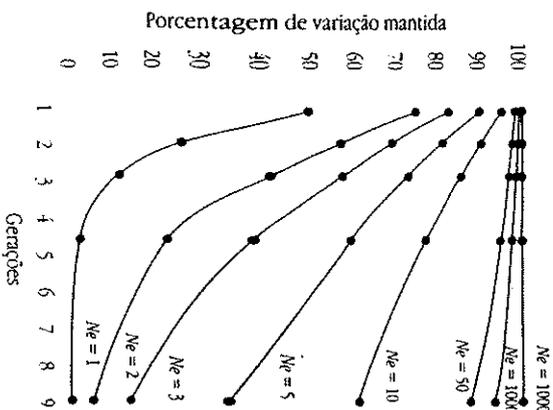


FIGURA 3.3. A variabilidade genética é perdida aleatoriamente com o passar do tempo, através da deriva genética. Este gráfico mostra a porcentagem média de variabilidade genética restante após 10 gerações em populações hipotéticas de vários tamanhos efetivos de população (N_e). Após 10 gerações, há uma perda de variabilidade genética de aproximadamente 40% em uma população de dez indivíduos, 65% em um tamanho populacional de cinco, e 75% em uma população com dois indivíduos.

população e para uma maior probabilidade de extinção (Ellstrand e Elam 1993; Thornhill 1993; Loeschke et al. 1994).

Depressão endogâmica.

Vários mecanismos evitam a endogamia na maioria das populações silvestres. Em grandes populações da maior parte das espécies animais, os indivíduos normalmente não se acasalam com parentes próximos. Frequentemente, ou eles se dispersam do seu local de nascimento, ou o seu acasalamento com

populações com menos de 100 indivíduos, produzem sementes menores com uma taxa inferior de germinação e apresentam suscetibilidade maior ao estresse ambiental do que as de populações maiores (Heschel e Paige, 1995). Tais sintomas, associados à depressão endogâmica e perdas de variação genética, diminuem quando plantas de populações pequenas são polinizadas por cruzamento com o pólen de plantas de grandes populações.

parentes é inibido por odores que são únicos e singulares, ou por outras pistas sensoriais. Em muitas plantas, uma variedade de mecanismos morfológicos e fisiológicos favorece a polinização cruzada e evita a autopolinização. Em alguns casos, entretanto, particularmente quando a densidade demográfica é baixa e nenhum outro acasalamento é possível, estes mecanismos não conseguem evitar a endogamia. O acasalamento entre parentes próximos, tais como pais e suas crias, irmãos e primos, e a auto-fertilização em espécies hermíofitas podem resultar em **depressão endogâmica**, caracterizada por um número menor de crias ou por uma crias fraca e estéril (Ralls et al., 1988). Por exemplo, plantas da gália escarlate (*Iponopsis agrivivora*) provenientes de

populações com menos de 100 indivíduos, produzem sementes menores com uma taxa inferior de germinação e apresentam suscetibilidade maior ao estresse ambiental do que as de populações maiores (Heschel e Paige, 1995). Tais sintomas, associados à depressão endogâmica e perdas de variação genética, diminuem quando plantas de populações pequenas são polinizadas por cruzamento com o pólen de plantas de grandes populações.

A explicação mais plausível para a depressão endogâmica é que ela interfere na presença de alelos nocivos herdados de ambos os pais (Charlesworth e Charlesworth, 1987; Barrett and Kohn, 1991). A depressão endogâmica pode ser um problema grave para pequenas populações que vivem em cativeiro em zoológicos e em programas de criação doméstica, e também parece ser significativa em algumas populações selvagens (Jiménez et al., 1994; Keller et al., 1994).

Depressão exogâmica.

Indivíduos de diferentes espécies raramente se acasalam no ambiente selvagem, devido a um número de mecanismos comportamentais, fisiológicos e morfológicos que assegura que o

acasalamento aconteça somente entre os de uma mesma espécie. Entretanto, quando uma espécie é rara ou seu habitat é limitado, o acasalamento exogâmico — acasalamento entre espécies diferentes — pode ocorrer. Os indivíduos, incapazes de encontrar parceiros dentro de suas próprias espécies, podem acasalar-se com uma espécie com a qual têm relação. A cría resultante é frequentemente fraca ou estéril devido à falta de compatibilidade dos cromossomos e dos sistemas enzimáticos herdados de seus pais diferentes, uma condição conhecida como **depressão exogâmica** (Templeton, 1986; Thornhill, 1993). Esta cría híbrida, pode também não ter mais a combinação precisa de genes que permitiria aos indivíduos sobreviverem em determinadas condições locais. A depressão exogâmica pode também ocorrer como resultado de um acasalamento entre subespécies diferentes, ou até mesmo acasalamentos entre genótipos divergentes ou populações da mesma espécie. Os programas de criação em cativeiro devem atender para a depressão exogâmica, evitando a parceria de indivíduos provenientes de pontos geográficos extremos.

A depressão exogâmica pode ser particularmente importante nas plantas, nas quais a seleção do parceiro é, até certo ponto, uma questão de movimento aleatório do pólen (Waser e Price, 1989). Uma espécie de planta rara que cresce perto de uma outra espécie comum com a qual ela seja aparentada, pode ser dominada pelo pólen da espécie comum. Isto pode levar a uma procriação estéril ou a uma indefinição dos limites das espécies (Ellstrand, 1992). Situações como esta podem estar ocorrendo em locais como o Campus da Unicamp, em Campinas-SP, que concentra muitas espécies de todo o Brasil, trazidas por décadas pelo Prof. Hermógenes Leitão (veja Capítulo 2). Ainda que a depressão exogâmica possa representar algum problema local, especialmente em arboretos, estes locais representam uma oportunidade única para educação dos novos conservacionistas. A depressão exogâmica, apesar de representar um perigo possível, parece causar bem menos problemas do que a depressão endogâmica.

Perda da flexibilidade evolucionária. Alelos raros e combinações incomuns de alelos que, em determinado momento, não oferecem vantagem alguma, podem mais tarde ser considerados adequados para determinadas condições ambientais. A perda de variabilidade genética em uma população pequena, pode limitar a habilidade da população em conviver com as mudanças a longo prazo do ambiente, tais como poluição, novas doenças ou mudança climática global (Allendorf e Leary, 1986). Sem variabilidade genética suficiente, uma espécie pode chegar à extinção.

Tamanho efetivo de

população. Quantos indivíduos são necessários para manter a variabilidade genética de uma população? Franklin (1980) sugeriu que 50 indivíduos poderia ser o número mínimo necessário para manter a variabilidade genética. Este número foi baseado na experiência prática de criadores de animais, que indica que os animais podem ser mantidos com uma perda de 2% a 3% de sua variabilidade por geração. A fórmula de Wright mostra que uma população de 50 indivíduos perderá apenas 1% de sua variabilidade por geração. Portanto, o uso dessa fórmula nos dá uma margem pequena de erro. Entretanto, uma vez que essa fórmula é baseada no trabalho com animais domésticos, sua aplicabilidade para as inúmeras espécies silvestres é incerta. Usando dados sobre taxas de mutação em moscas de frutas (*Drosophila* sp.), Franklin (1980) sugeriu, que nas populações de 500 indivíduos, a taxa de nova variabilidade genética resultante da mutação, poderia equilibrar a variabilidade que se perde devido ao pequeno tamanho populacional. Esse conceito é conhecido como a regra de 50/500: as populações isoladas precisam ter, pelo menos, 50 indivíduos, e preferencialmente 500, para manter sua variabilidade genética.

A regra de 50/500 é difícil de se

aplicar na prática, porque ela supõe que uma população é composta de N indivíduos, onde todos têm uma probabilidade igual de acasalamento e de procriação. Entretanto, em uma população, muitos indivíduos não procriam devido a fatores tais como idade, saúde, estérilidade, desnutrição, tamanho reduzido, ou estruturas sociais que não permitem que alguns animais encontrem parceiros. Como resultado desses fatores, o **tamanho efetivo de população** (N_e) de indivíduos reprodutores é, com frequência, muito menor do que o verdadeiro tamanho populacional. Uma vez que a taxa de perda de variabilidade genética é baseado no tamanho efetivo da população, a perda de variabilidade genética pode ser bem acentuada, mesmo quando a real tamanho populacional é muito maior (Kimura e Crow, 1963; Lande e Barrowclough, 1987; Nunney e Elam, 1994). Um tamanho efetivo populacional menor do que o esperado pode ocorrer em qualquer das seguintes circunstâncias:

Proporção desigual de sexos. Por puro acaso, a população pode ter

números desiguais de machos e fêmeas. Se, por exemplo, uma população de uma espécie de ave monogâmica (na qual um macho e uma fêmea têm uma relação duradoura) tem 20 machos e 6 fêmeas, somente 12 indivíduos estarão envolvidos na atividade de acasalamento. Neste caso, o tamanho efetivo de população é 12, não 26. Em outras espécies animais, os sistemas sociais podem não permitir que muitos indivíduos se acasalem, embora eles sejam fisiológicamente capazes; no caso de elefantes marinhos, por exemplo, um macho dominante pode controlar um grande grupo de fêmeas e não permitir que outros machos se acasalem.

O efeito de números desiguais de machos e fêmeas em acasalamento sobre o N_e pode ser descrito pela fórmula geral:

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f}$$

onde N_m e N_f são, respectivamente, os números de machos e de fêmeas que se acasalam na população. Em geral, como a proporção de gênero de indivíduos que se acasalam torna-se cada vez mais desigual, a proporção do tamanho efetivo de população quanto ao número de indivíduos reprodutores também diminui (N_e/N).

Varição na reprodução. Em muitas espécies, o número de crias varia substancialmente entre os indivíduos. Isto é particularmente verdadeiro em plantas, onde alguns indivíduos podem produzir algumas sementes enquanto outros produzem milhares de sementes. A procriação desigual leva a uma redução substancial do N_e , porque alguns indivíduos de uma geração atual serão representados desproporcionalmente no pool genético da próxima geração (Crow e Morton, 1955).

Flutuações de população e "bottlenecks". Em algumas espécies, o tamanho de população varia drasticamente de geração para geração. Exemplos particularmente bons de populações com tal variação são as borboletas, as plantas anuais e os anfíbios (Pechmann et al. 1991). Nas populações que apresentam tais flutuações extremas, o tamanho efetivo de população fica entre o maior e o menor número de indivíduos. Entretanto, o tamanho tende a ser determinado pelos anos, com os números mais reduzidos. Um único ano em que a população foi drasticamente reduzida, o valor de N_e será substancialmente diminuído.

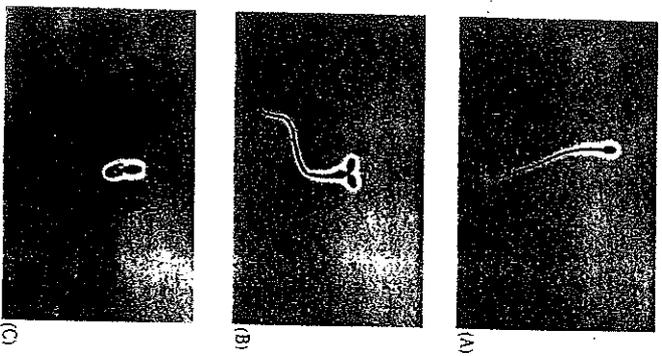


FIGURA 3.5. Leões de populações isoladas e endogâmicas encontradas na Cratera Ngorongoro, na Tanzânia, apresentam um alto nível de anormalidades em seus leões normais. (B) *Esperma Breviflora* ("leões cabeças"). (C) *Esperma* não funcional com um flagelo em forma de espiral. (Promoção de D. Witak).

Este princípio tem relação com um fenômeno chamado de **efeito bottleneck** (*garrafo de gargalo*). Quando uma população é muito reduzida em tamanho, alelos raros se perdem e nenhum dos indivíduos que os possuem sobrevive e reproduz (Carson, 1983). Com menos alelos presentes e um declínio na heterozigotidade, a adequação média dos indivíduos na população pode diminuir. Uma categoria especial de bottleneck, conhecida como **efeito fundador**, ocorre quando alguns indivíduos deixam uma grande população para estabelecer uma nova população. A nova população frequentemente tem menos variabilidade genética do que a população original.

Os leões da Cratera de Ngorongoro, na Tanzânia, são um exemplo bem estudado de afinamento genético (Packer et al., 1991; Packer, 1992). A população de leões era de 60 a 75 indivíduos até a disseminação de moscas em 1962, que reduziu a população para 9 fêmeas e 1 macho. Dois anos mais tarde, 7 outros machos migraram para esta cratera, não havendo mais migração desde então. O número reduzido de fundadores, o isolamento da população, e a variação no sucesso da reprodução entre os indivíduos, aparentemente, criaram um afinamento genético, embora a população tenha subsequentemente aumentado de 75 para 125. Em comparação com a grande população de leões de Serengeti, próxima da região, os leões da cratera mostraram variabilidade genética reduzida, altos níveis de anormalidades de esperma (figura 3.5) e reduzidas taxas de reprodução.

Varição demográfica

Em um ambiente estável ideal, uma população aumentaria até que atinja a capacidade de suporte do ambiente. Neste ponto, a taxa média de nascimento por indivíduo é igual à taxa de mortalidade, e não há nenhuma alteração no tamanho da população. Em uma população real, entretanto, os indivíduos geralmente não produzem o número médio de citas, mas podem ou não procriar, procriar abaixo da média, ou acima da média. A taxa média de nascimento é uma descrição apurada do que está ocorrendo em uma população, somente quando esta população é grande. Do mesmo modo, a taxa média de mortalidade de uma população pode ser determinada pelo estudo de grandes números de indivíduos.

Quando o tamanho populacional fica abaixo de 50 indivíduos, a variação nas taxas de nascimento e mortalidade começa a fazer com que o tamanho da população flutue aleatoriamente para cima ou para baixo. Se o tamanho da população diminuir em um determinado ano devido a um número maior de mortes e menor de nascimentos, a população resultante será ainda mais suscetível a flutuações demográficas nos anos seguintes. Flutuações aleatórias de aumento no tamanho da população estão sujeitas à capacidade de suporte do ambiente, e a população pode novamente entrar em declínio. Conseqüentemente, uma vez que a população se torna pequena devido à destruição e fragmentação do habitat, esta variação demográfica, também conhecida como aleatoriedade demográfica, torna-se um fator importante, e a população tem uma probabilidade maior de se tornar extinta devido ao acaso. O risco de extinção é também maior em espécies que têm taxas baixas de nascimento, tais como as árvores de sombra de florestas, porque estas espécies levam mais tempo para se recuperar de uma redução ao acaso no seu tamanho de população.

A proporção de sexos é uma questão fundamental para populações, especialmente as pequenas. Os últimos três indivíduos de uma mariposa lacustre encontrados em Illinois-EUA foram incapazes de procriar, semelhanças várias por ocasião de polinização cruzada porque pertenciam a um mesmo tipo auto-incompatível. Quando uma população se reduz a um número crítico, há a possibilidade de um declínio na taxa de nascimento devido a um desvio na proporção de sexos. Por este motivo, o Projeto TAMMAR (tartarugas marinhas) monitora cuidadosamente a proporção de sexos das tartarugas que nascem nos ninhos cuidados pelo projeto. A definição de sexo dos répteis ocorre em função da temperatura dos ninhos. Eventualmente, mudando a condição ambiental dos ovos, pode-se diminuir a proporção de fêmeas em uma população, colocando-a em risco. Um caso interessante de relação entre

ambiente e proporção de sexos ocorre com uma população de muriquis (*Bradypus arachnoideus*), na estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais. Em épocas favoráveis, a prole tende a ser maior e com mais proporção de fêmeas. Em épocas desfavoráveis, a prole tende a ser menor e com proporção de sexos equilibrada entre machos e fêmeas (Strier, 1999).

Em muitas espécies animais, pe-
quenas populações podem se tornar instáveis devido ao colapso da estrutura social uma vez que a população cai a um nível inferior. Rebanhos de mamíferos de pastagem e ninhadas de pássaros podem se tornar incapazes de achar alimentação e de se defender contra ataques quando encontram-se em número reduzido. Animais que caçam em bandos, tais como os queixadas e os leões, podem necessitar de um certo número de indivíduos para

poderem caçar eficazmente. Muitas espécies animais que vivem em populações amplamente dispersas, como as onças ou baleias, podem se tornar incapazes de encontrar seus parceiros quando sua densidade populacional declina. Este fenômeno é conhecido como **efeito Allee**. Em plantas, a medida que sua população decresce, a distância entre elas aumenta; polinizadores podem deixar de visitar mais do que uma destas plantas espalhadas e isoladas, resultando em uma perda da produção de sementes (Bawa, 1990). Esta combinação de flutuações aleatórias em características demográficas, taxas de gêneros desiguais, densidade demográfica reduzida, e a quebra de comportamento social contribuem para a instabilidade no tamanho da população, frequentemente levando à extinção local.

Variação ambiental e catástrofes

A variação randômica ou ao acaso no ambiente biológico e físico, conhecida como **aleatoriedade ambiental**, pode também causar variação no tamanho populacional de uma espécie. Por exemplo, a população de uma espécie de coelho ameaçada pode ser afetada por flutuações na população de uma espécie de veado que come os mesmos tipos de plantas que uma capivara, na

população de uma espécie de jaguatirica que caça as capivaras, e na presença de parasitas e doenças que afetam as capivaras. Flutuações no ambiente físico podem também, fortemente, influenciar a população de capivaras: a chuva durante um ano comum pode favorecer o crescimento de plantas e permitir que a população aumente, enquanto que os anos de seca podem limitar o crescimento da planta e fazer com que as capivaras passem fome.

Catástrofes naturais em intervalos imprevisíveis, tais como secas, tempestades, enchentes, terremotos, erupções vulcânicas, incêndios, e eventos cíclicos de mortalidade, podem também causar flutuações drásticas nos níveis de população. Catástrofes naturais podem matar parte de uma população ou até mesmo eliminar a população inteira em uma área. Existem inúmeros exemplos de enfraquecimentos nas populações de grandes mamíferos, incluindo muitos casos nos quais 70%-90% da população morre (Young, 1994). Embora a probabilidade de ocorrer uma catástrofe natural em um ano qualquer seja pouca, sua chance aumenta em um período de décadas ou séculos.

Esforços exemplares, como os de Menges (1992) e outros, têm demonstrado que a variação ambiental aleatória é geralmente mais importante do que a variação demográfica aleatória, no aumento da probabilidade de extinção em populações de tamanho reduzido ou moderado. Nestes modelos, a variação ambiental aumenta, em muito, o risco de extinção mesmo em populações que apresentem crescimento populacional positivo sob a premissa de um ambiente estável (Mangel e Tier 1994). Em geral, a introdução de variação ambiental em modelos de população, na verdade, tornando-os mais realistas, resulta em populações de taxas de crescimento mais baixas, diminui seu tamanho populacional, e aumenta as probabilidades de extinção. Menges (1992) introduziu variação ambiental em modelos de populações de plantas desenvolvidos a partir de parâmetros obtidos em populações de palmeiras. Quando apenas a variação demográfica era considerada, estes modelos de populações sugeriam que o tamanho mínimo de população viável, neste caso o número de indivíduos necessários para dar à população 95% de probabilidade de existência em 100 anos, era cerca de 140 indivíduos adultos. Quando uma moderada variação ambiental moderada era incluída, entretanto, o tamanho mínimo de população viável aumentava para 380 indivíduos.

Vórtices de extinção

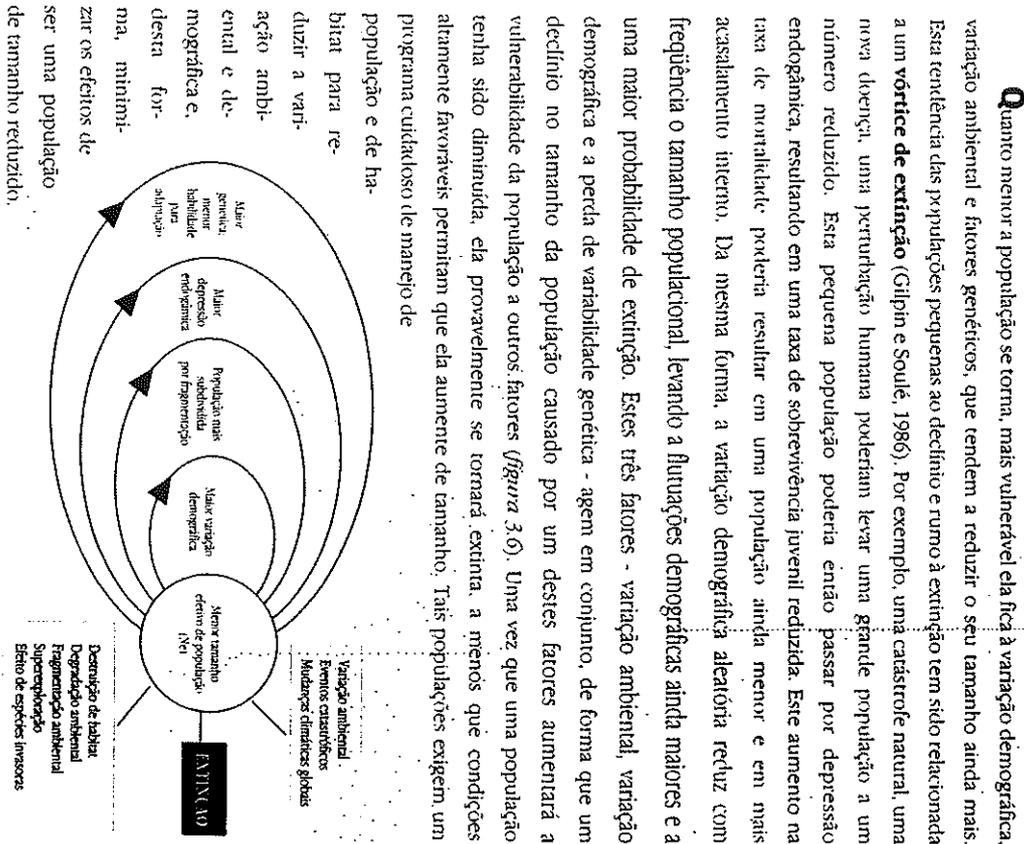


FIGURA 3.6. Vórtices de extinção reduzem progressivamente o tamanho populacional, levando a extinções locais de espécies. Uma vez que uma população tem seu número reduzido, ela entra em um vórtice, no qual os fatores que afetam populações pequenas tendem a perpetuar-se, aumentando seu tamanho de acordo com Gilpin e Soulé (1986) e Gaqueran (1992).

História Natural e Auto-ecologia

A seleção para proteger e manejar uma espécie rara ou ameaçada é entender sua relação biológica com o seu ambiente e a situação atual de sua população. Esta informação é geralmente chamada de **história natural**, ou algumas vezes, simplesmente de **ecologia** das espécies, enquanto que, como disciplina científica que estuda as espécies individuais, é conhecida como **auto-ecologia**. Com informações a respeito da história natural de uma espécie rara, os manejadores podem conservar as espécies e identificar os fatores que as colocam em risco de extinção (Gilpin e Soulé, 1986).

A seguir apresentamos as categorias de perguntas auto-ecológicas que precisam ser respondidas, a fim de que se possa planejar e implementar esforços eficazes de conservação em nível de população. Para a maioria das espécies, apenas algumas dessas perguntas podem ser respondidas sem maiores investigações. As decisões sobre manejo, entretanto, frequentemente têm que ser tomadas antes que estas informações estejam disponíveis ou enquanto elas estão sendo coletadas. Quais os tipos de respostas que devem ser reunidas, obviamente depende das características das espécies.

- **Ambiente.** Quais são os tipos de habitat nos quais as espécies são encontradas e quanto há em área para cada uma delas? Como o ambiente varia no tempo e no espaço? Com que frequência o ambiente é afetado por perturbações catastróficas?
- **Distribuição.** Onde a espécie é encontrada em seu habitat? A espécie se desloca ou migra entre os habitats ou para diferentes áreas geográficas durante o curso de um dia ou durante o período de um ano? A espécie é hemisucedida na colonização de novos habitats?
- **Interações bióticas.** Que tipos de alimento e outros recursos a espécie necessita? Que outras espécies competem com esta espécie nesses recursos? Quais são os predadores, as presas e parasitas que afetam o tamanho de sua população?
- **Morfologia.** Como a forma, tamanho, cor e textura dos indivíduos dessa espécie permitem sua existência em seu ambiente?
- **Fisiologia.** Qual a quantidade de alimento, água, minerais e de outras necessidades que um indivíduo dessa espécie precisa para sobreviver, crescer e reproduzir-se? Qual a eficiência deste indivíduo no uso desses recursos? Qual a vulnerabilidade dessa espécie a condições extremas de clima, tais como calor, frio, vento e chuva?