

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES, INDIVÍDUOS E BIOMASSA EM COMUNIDADES NATURAIS

IGLÉSIAS, R.R.

Resumo:

O principal objetivo deste trabalho é verificar se, independentemente do grande número de espécies e indivíduos em uma comunidade, existem padrões e regularidades que possam ser assimiladas a limitações internas dos sistemas. Mais de 25.000 insetos distribuídos em mais de 1.000 espécies foram coletados da restinga de Maricá (RJ). Foram analisadas seis características dessa amostra. 1. número de espécies, 2. número de indivíduos, 3. tamanho do corpo, 4. diversidade específica, 5. sucessão ecológica e 6. taxa de renovação de biomassa. Tendo como base a estrutura dessa comunidade foram feitas comparações com vários trabalhos da bibliografia sobre esse tema. Destacam-se dois resultados: 1) A distribuição da biomassa por classes de tamanho apresenta uma variação gradual (sazonalidade) e 2) A variação do número de indivíduos de espécies de tamanho pequeno mostram forte correlação com a temperatura ambiente. Esses resultados têm o mérito de compatibilizar uma série de resultados aparentemente discrepantes encontrados na bibliografia biológica recente.

A partir do conceito de sucessão ecológica é formalizada a idéia de uma tendência geral dos sistemas naturais - a tendência para reduzir as taxas de renovação da biomassa - chamada, pelo autor deste trabalho, de tendência Macunaimica da natureza.

Abstract:

"Distributional patterns of species, individuals and biomass in natural communities"

The main goal of this essay is to examine whether, despite the great number of insect species and the enormous number of individuals in a community, we may observe any kind of regularities or if there are internal constraints that could be placed on models of distributional pattern. More than 25,000 individual insects distributed in 1,000 species of the Orders Coleoptera, Homoptera, Heteroptera and Lepidoptera were collated in a tropical region (Restinga de Maricá, State of Rio de Janeiro). Six community variables were examined: 1) number of species, 2) number of individuals, 3) body size, 4) species diversity, 5) ecological succession, and 6) turnover rate of biomass. The results from this analysis were compared to data from other, both tropical and temperate communities. Two results are most important: 1) the distribution of biomass in body size classes varies gradually through the year (seasonally), and 2) The number of species and individuals in the small body size classes is strongly environment (temperature) controlled. The pattern of these data on the body size characteristic from Maricá has the merit of reconciling a series of apparent discrepancies in recently published results from other systems.

Starting from the concept of ecological succession, the idea of a general tendency of natural systems to reduce the rate of biomass turnover is advanced. We term this the Macunaima tendency of nature.

Introdução

Cada indivíduo da espécie *Homo sapiens*, renova praticamente todas as suas células várias vezes ao longo da vida. Essa renovação é muito conservadora, posto que, a despeito da extraordinária dinâmica de substituição celular, todos nós mantemo-nos muito semelhantes a nós mesmos. Conseqüentemente, podemos concluir que o processo de renovação celular sofre limitações; tais limitações, de alguma maneira, canalizam essa dinâmica.

Algo muito parecido ocorre ao nível da biosfera, cujo funcionamento pode ser visto como a entrada e a saída de espécies, sem que sejam percebidas grandes mudanças quanto ao fluxo de energia e ciclagem de nutrientes. Nos últimos cem milhões de anos, apesar da impressionante dinâmica de criação e extinção de espécies, a biosfera manteve-se praticamente constante no que refere à produção primária (P) e à biomassa (B), isto é, a relação P/B permaneceu praticamente constante (MARGALEF, 1986). Portanto, também ao nível da biosfera existem limitações (constraints) nas mudanças, bem como uma espécie de canalização que regula tais mudanças. Antes que me acusem de conceber a biosfera como um superorganismo, devo declarar que a analogia acima proposta parece-me válida no que tange às limitações externas a que estão sujeitos todos os sistemas, nada mais que isso.

Parece que o destino de todas as espécies é a extinção. Atualmente são conhecidas aproximadamente, dois milhões e meio de espécies animais e vegetais e seguramente existem outras tantas ainda não descritas. Esses números representam uma pequeníssima fração das espécies que existiram na Terra nos últimos três bilhões de anos. O homem, com toda sua imaginação, conseguiu exterminar algumas centenas de espécies, enquanto a "natureza" eliminou centenas de milhares.

Este trabalho apresenta uma série de dados originais, relativos à entomofauna da restinga de Barra de Maricá (RJ); e tem por objetivo definir algumas das limitações que atuam como modeladores do funcionamento das comunidades naturais, ou seja, averiguar se independentemente do grande número de espécies e indivíduos em contínuo processo de evolução, há regularidades ou restrições internas que configurem modelos de distribuição ou regularidades generalizáveis.

A vida, embora difícil de ser definida, apresenta uma característica básica: a tendência a ocupar todos os espaços por ela tolerados, incluindo os espaços criados pelo próprio processo de ocupação (SIMPSON, 1949). Esta ocupação de espaços pela vida se faz basicamente através da criação de novas espécies. O processo de especiação pode ser reconhecido em suas duas formas: cladogênese e anagênese (RENSCH, 1947). A primeira refere-se à diversificação de linhas filéticas com adaptação à diferentes nichos e conseqüente aumento da biomassa. A anagênese caracteriza-se pelo aparecimento de uma nova estrutura, um novo órgão, pelo desenvolvimento de uma nova forma de interagir com o ambiente, ou ainda pela ocupação de novas zonas adaptativas. A anagênese, portanto, refere-se à incor-

poração de novas estruturas e funções, como por exemplo o aparecimento do sistema nervoso no homem, o aumento do tamanho do corpo dos animais (regra de Cope) e suas conseqüências (DOBZHANSKY, 1970).

A linguagem utilizada até aqui é típica da genética de populações. A ecologia faz uso de uma linguagem que se refere às mudanças das espécies como resultado das mudanças do ambiente. Nesse contexto o processo de sucessão ecológica tem um papel relevante. Tal processo pode ser visto como uma conseqüência inevitável do caráter histórico dos ecossistemas. MARGALEF (1986, 1991) realça a inevitabilidade do processo evolutivo em uma biosfera que em todos os lugares está submetida a mudanças sucessionais. À sucessão lhe são conferidas as propriedades de estimular e direcionar o processo evolutivo. Essa afirmação poderá surpreender ou indignar alguns biólogos, que podem vê-la como uma conseqüência da crença de que a biosfera é um superorganismo. A importância aqui outorgada ao processo sucessional se estriba na premissa, compartilhada por alguns biólogos, de que estrutura e funcionamento dos ecossistemas não estão determinados primariamente por leis biológicas e sim por leis não biológicas, como por exemplo as leis ou princípios da termodinâmica, além de umas poucas leis gerais da física envolvidas nas hipóteses que explicam a estrutura do universo conhecido, do qual é uma parte insignificante a nossa biosfera (BROOKS & WILEY, 1989; MARGALEF, 1991; PRIGOGINE & STENGER, 1989).

Um ecólogo pode considerar, mais facilmente que outros biólogos, a evolução como uma coevolução e deste modo priorizar a importância das interações espécie-espécie e espécie-ambiente. Ao considerar uma espécie como um sistema subordinado a sistemas maiores, as comunidades, e estas subordinadas a sistemas ainda maiores, os ecossistemas ou a biosfera, se assume que o funcionamento dos sistemas mais amplos influencia na manutenção e determinação do número de espécies e de indivíduos. A existência e manutenção de populações onde, quase sempre, o número de indivíduos é inferior ao número que essas populações poderiam ter, nos coloca diante da existência da seleção natural (DARWIN, 1859).

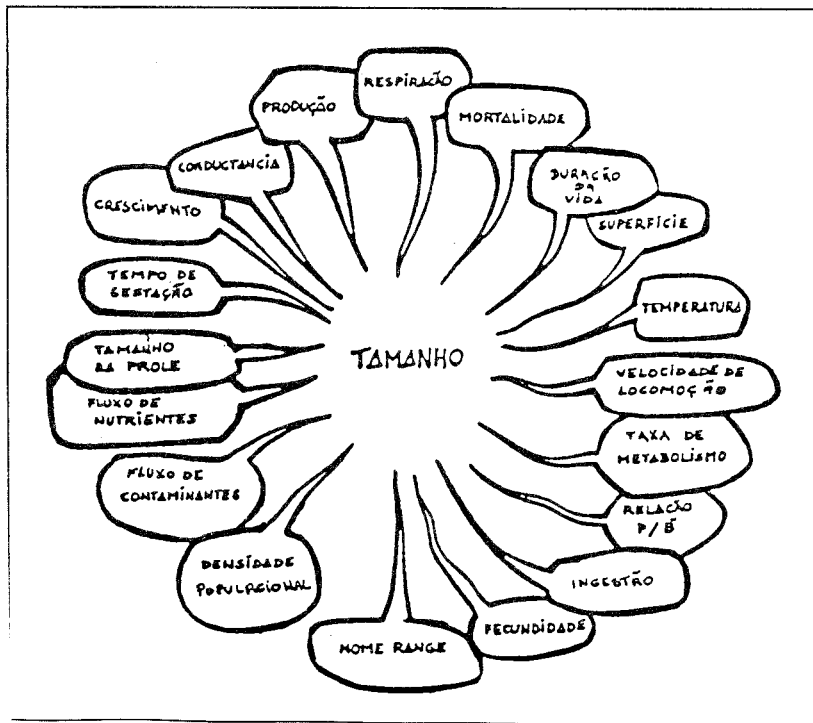
A composição de espécies de uma determinada comunidade é o resultado das interações entre indivíduos, espécies e ambiente. Devemos ressaltar que uma comunidade é também o resultado de um processo histórico-evolutivo que lhe deu origem e que as características presentes em uma comunidade influenciarão a estrutura dessa comunidade no futuro. Uma comunidade é simultaneamente causa e conseqüência de um processo ecológico-evolutivo mais amplo, portanto podemos aceitar que as características das espécies (número, tamanho, adaptações, etc) de uma determinada comunidade, reflitam o resultado de mecanismos de seleção e co-seleção que existem na base desse mesmo processo.

O estudo da dinâmica de populações, normalmente, considera três características das populações: (1) número de indivíduos e sua densidade; (2) posição das espécies na rede trófica e (3) tamanho dos indivíduos que formam as

populações. Na maioria dos grupos animais, estas três características são muito pouco conhecidas, em especial a terceira. O tema espécies-tamanho do corpo é muito pouco discutido na bibliografia (HUTCHINSON & MacARTHUR, 1959; JANSEN & SCHOENER, 1968; VAN VALEN, 1973; BROWN & MAURER, 1986; LAWTON, 1988; MORSE *et al.*, 1988; IGLESIAS 1988, 1990; IGLESIAS & HERNANDEZ, 1991).

O tamanho do corpo de um animal tem sido relacionado a uma grande quantidade de características ambientais e metabólicas, através de simples equações halométricas (PETERS, 1983; CALDER, 1984). Tais características estão assinaladas abaixo.

O tamanho do corpo é uma característica fundamental para qualquer interpretação da história natural dos animais, sendo surpreendente a negligência demonstrada pelos biólogos em relação a ela. A causa deste descaso poderia ser um reflexo da verdadeira batalha travada por evolucionistas neo-darwinistas, como DOBZHANSKY (1937), MAYR (1942), SIMPSON (1949), entre outros, para tirar a biologia do atoleiro da escola clássica de pensamento, cuja inspiração era o *eidos* de Platão - uma interpretação de Platão aparentemente apressada. Para esta escola a variabilidade genética das espécies se devia à imperfeições próprias das cópias de um modelo (o tipo), este perfeito. O pensamento tipológico resistiu até o nosso século e ainda é encontrado hoje em dia em bolsões de resistência.



Ao término desta introdução, a guisa de advertência, devemos reconhecer que, se por um lado, faltam-nos dados empíricos, por outro há o perigo assinalado por YATES (1979) de nos afogarmos em uma maré de dados. Se não dispusermos de boas teorias, a obtenção ou quantificação de novos dados da natureza traz o perigo de complicar ainda mais o panorama científico atual. Especial cuidado merece a tendência à quantificação como adverte FRYER (1987), pela aparência de verdade que infundem as formulações matemáticas.

Tamanho das Espécies e Sazonalidade

Uma das primeiras referências bibliográficas que trata da relação entre o número de espécies de uma comunidade e tamanho do corpo dos indivíduos que a compõem é a encontrada em HUTCHINSON & MacARTHUR (1959). Nesse trabalho é citada a relação abaixo (Eq. 1), onde S é o número de espécies, L é o comprimento do corpo do animal, a e b são as constantes de ajuste. Para HUTCHINSON o valor da constante $b = -2,0$.

PETERS (1983) utiliza a mesma equação, apenas substituindo o comprimento do corpo (L) pelo peso do corpo (W). O valor de b na equação 2 citado em vários trabalhos é igual a $-2/3$ ou $-0,66$. Esse valor é obtido ao se considerar o peso proporcional ao comprimento elevado ao cubo. Se $W = L^3$, segue-se $W^{1/3} = L^{3/3}$ ou $L = W^{1/3}$. Substituindo-se o valor de L na equação 1 ($L = a W^{-2}$), obtemos $S = a W^{-2/3}$. SCHOENER & JANZEN (1968) indicam a possibilidade de que o peso seja um parâmetro mais fidedigno de avaliação do tamanho que o comprimento; apesar disso esses autores continuam utilizando o comprimento do corpo. IGLESIAS (1988, 1992) mostra os desvios provocados pelo uso do comprimento e justifica a escolha do peso como melhor estimativa da biomassa de um animal.

$$S = a L^b \quad (\text{Eq. 1})$$

$$S = a W^b \quad (\text{Eq. 2})$$

Valores de b próximos a $-0,66$ são encontrados por MAY (1978, 1982, 1986) para diferentes conjuntos de espécies. Nesses trabalhos é reunido um grande número de espécies com seus respectivos tamanhos. Tais dados não representam uma comunidade propriamente dita. Os dados apresentados são do tipo: coleópteros da Inglaterra, isto é, uma lista de coleópteros de amostras feitas durante várias décadas por centenas de pesquisadores, nas mais diferentes localidades. O valor $b = -0,66$ encontrado por MAY não é exclusivo dos coleópteros, é encontrado também por esse mesmo autor para grupos tais como: mamíferos terrestres, aves

não aquáticas, lepidópteros da Inglaterra e finalmente animais terrestres (de bactérias a elefantes!). Todos os dados de MAY são obtidos da bibliografia biológica.

IGLESIAS (1988) encontra o mesmo tipo de relação para o conjunto de 672 espécies de insetos, que incluem coleópteros, homópteros e himenópteros coletados durante um ano na Restinga de Maricá (RJ). Nesse trabalho a relação encontrada é: $S = a W^{-0,70}$. Esse resultado é obtido ao se reunir em uma amostra insetos adultos, de ocorrência limitada ao verão, com outros que ocorrem exclusivamente no inverno ou na primavera.

DAMUTH (1981) também chega a resultados semelhantes ao estabelecer a relação entre a densidade (D) dos mamíferos da América do Norte e o tamanho do corpo desses animais. A relação encontrada nesse trabalho é: $D = a W^{-0,67}$. Aqui também o autor utiliza uma lista de dados que representa não uma comunidade, mas um conjunto de comunidades.

Tendo em vista os resultados acima impõe-se uma interpretação, a saber: os valores da constante b , nas equações 1 e 2, respectivamente $-2,0$ e $-0,66$, refletem valores médios presentes em qualquer conjunto relativamente grande de espécies. A explicação mais simples para esse padrão se estriba no fato de que, na maioria dos grupos taxonômicos, o número de espécies de pequeno tamanho supera as de tamanho grande. Os valores de b acima citados não refletem necessariamente uma característica das comunidades naturais e sim das "comunidades de bibliografia", que se notabilizam pelo agrupamento artificial de espécies que na natureza estão separadas no espaço, no tempo ou em ambos.

A seguir pretende-se mostrar que a constante b das equações 1 e 2 de fato não é constante. Também é sugerida uma nova formulação que relaciona o número de espécies com o tamanho do corpo.

Inicialmente apresentaremos alguns resultados de um extenso trabalho realizado na restinga de Maricá (RJ). A figura 1 representa a variação do número de espécies, total e por classes de tamanho, de 339 espécies de coleópteros coletados durante onze meses em uma única localidade. A curva que representa o total de espécies tem uma variação muito marcada pelas estações do ano. No inverno há poucas espécies e no verão (fevereiro) se atinge o número máximo. A variação do número de espécies nos diferentes meses do ano é muito influenciada pela variação do número de espécies de pequeno tamanho (classe 0-4 mg). O número de espécies de tamanho médio (4-16 mg) e tamanho grande (>64mg) praticamente se mantém constante ao longo do ano.

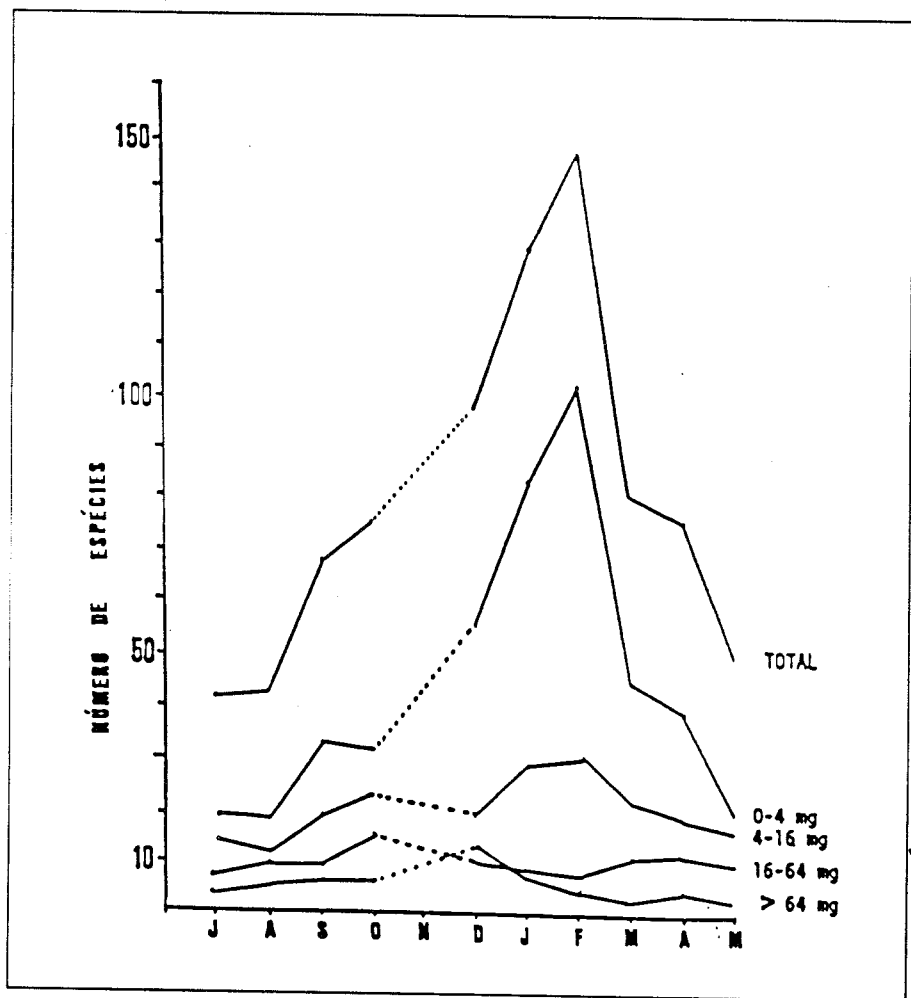


Figura 1 - Evolução das espécies de coleópteros em 10 meses (linha superior). As demais linhas representam o número de indivíduos em diferentes classes de tamanho de corpo.

Na tabela 1, estão resumidos os valores das constantes a e b da equação 2 para amostras de coleópteros, coletados com armadilha luminosa na Restinga de Maricá. Nessa tabela se destacam: 1) valores muito altos dos coeficientes de correlação (r) muito altos, indicando a existência de correlação significativa entre S e W , 2) as constantes a e b apresentando valores variáveis nos diferentes meses, 3) a variação de a e b correlacionada com a variação do número de espécies (S) e com a temperatura ambiente (T).

Tabela 1 - Resultados da regressão da equação 2 ($S = a W^b$), para um conjunto de amostras mensais de insetos (coleópteros) coletados em Barra de Maricá (RJ)

MÊS	Temperatura	N.ESPÉCIES	A	B	R	R ²
JUL	19,0	42	11,4	-0,36	0,90	0,82
AGO	19,0	43	10,7	-0,30	0,93	0,88
SET	21,5	68	18,6	-0,39	0,96	0,93
OUT	22,0	75	25,6	-0,47	0,93	0,88
DEZ	24,0	98	28,2	-0,47	0,96	0,93
JAN	26,0	128	45,3	-0,58	0,97	0,95
FEV	28,0	147	64,1	-0,71	0,98	0,97
MAR	25,0	82	30,9	-0,52	0,99	0,98
ABR	23,0	76	25,6	-0,46	0,94	0,91
MAI	22,0	50	16,5	-0,43	0,91	0,84

A correlação entre as constantes (a, b) e a temperatura é mostrada abaixo (Equações 3 e 4).

$a = c \cdot e^{dT}$ (Eq. 3)	T = temperatura do ar (média)		
	c = 3,4	d = 0,084	e = 2,710
	r = 0,970	r ² = 0,940	P < 0,001
$b = f + gT$ (Eq. 4)	T = temperatura do ar (média)		
	f = 0,38	g = 0,037	
	r = 0,936	r ² = 0,877	P < 0,001

Substituindo os valores de a e b acima na equação 2, chega-se a equação 5

$$S = c \cdot e^{dT} \cdot W^{f+gT} \quad (\text{Eq. 5})$$

Essa equação simplesmente indica que o número de espécies de uma comunidade é função do tamanho das espécies e da temperatura ambiente. Aplicando as propriedades dos logaritmos a equação 5 se transforma na equação 6. A regressão múltipla entre S, W e T é significativa ($r=0,95, P < 0,001$).

$$\ln S = \ln c + dt + f (\ln W) + g (T \ln W) \quad (\text{Eq. 6})$$

Utilizando a equação 6 foram obtidos os valores das constantes a, b, c, d, para o conjunto de espécies da tabela 1. Com esses valores foi possível traçar as isolinhas da figura 2.

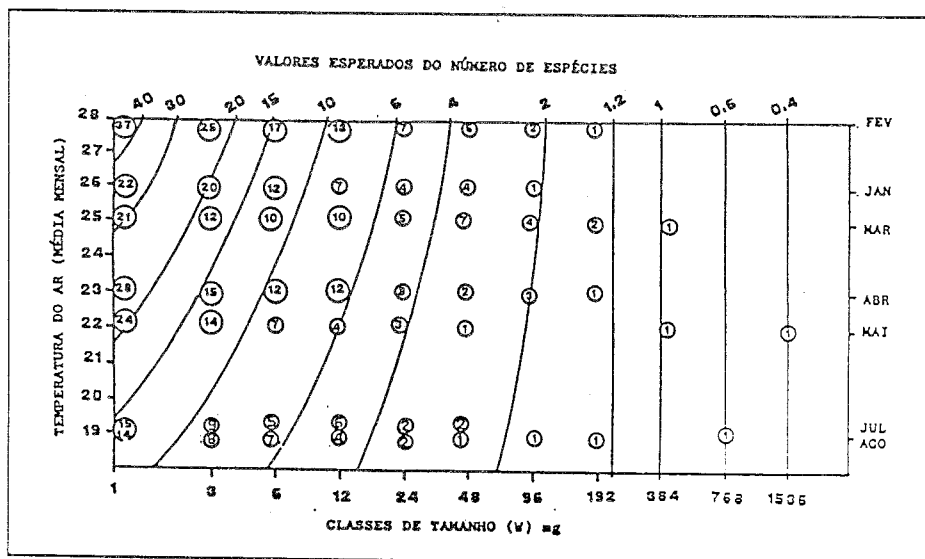


Figura 2 - Matriz de valores empíricos do número de espécies de coleópteros nas diferentes classes de tamanho do corpo, encontrados a diferentes temperaturas (correspondentes aos meses indicados à direita do gráfico). À matriz foram superpostos as isolinhas, cujos valores estão na parte superior do gráfico.

Em resumo, a equação 5 fornece um número esperado de espécies, dentro de classes das tamanho. Os valores esperados, comparados com os obtidos, não apresentam diferenças significativas ($P < 0.001$)

Observando mais detidamente a figura 2, pode constatar-se que a variação do número de espécies de coleópteros, em relação à temperatura, mostra uma marcada assimetria, verificável pela inclinação das isolinhas. Nas classes de peso até 6 mg, essa inclinação é acentuada, indicando grande influência da temperatura. Com o aumento do peso das espécies, essa inclinação vai se reduzindo gradativamente, até desaparecer nas espécies de peso igual ou superior a 192 mg. Esses resultados são coerentes com a distribuição das espécies nos diferentes meses do ano observados na figura 1. Em resumo, a equação 5

consegue fazer uma boa estimativa do número de espécies em função do peso do corpo para todos os meses do ano. Resultados como os acima expostos, justificam a afirmativa de MARGALEF (1980), "as assimetrias criam diversidade"

Temperatura, Metabolismo e Tamanho do Corpo

Neste tópico pretende-se mostrar que mesmo variações relativamente pequenas da temperatura podem ser a causa de modificações significativas na taxa de metabolismo, originando grandes alterações na duração do ciclo de vida das espécies, o que pode significar grandes alterações do número de gerações durante o ano. Como veremos a seguir, a resposta de diferentes espécies à temperatura varia em função do tamanho do corpo dos indivíduos. Pretende-se também demonstrar que a equação 5 pode ser utilizada na previsão dos ciclos de vida de insetos (COLEOPTERA), na taxa de crescimento do corpo de planárias (TURBELLARIA), bem como na previsão do número potencial de gerações de insetos nas diferentes estações do ano.

Na tabela 2 são mostrados os dados obtidos por HOWE (1956, 1957) para 4 espécies de coleópteros, criados em laboratório. A modificação no tempo de desenvolvimento de ovo até a emergência do adulto, é função da temperatura e do tamanho do corpo dos indivíduos adultos de cada espécie.

Utilizando a equação 5 mas substituindo S por D (tempo de desenvolvimento ovo-adulto), chegamos a equação 7.

$$D = c.e^{dT}.W^f + gT \quad (\text{Eq. } 7)$$

Os dados da tabela 2, através de uma regressão múltipla, mostram um bom ajuste dos tempos de desenvolvimento (D) com o peso seco do corpo e a temperatura de incubação ($r = 0,936$, $P < 0,001$)

Na tabela 3, estão relacionados os dados obtidos por ROMERO (1987), sobre o crescimento de três espécies de planárias, criadas a diferentes temperaturas no laboratório.

Para os dados de crescimento das planárias, foi utilizada a equação 8, que é uma modificação da equação 5, onde o peso (W) foi substituído pela área (A). Também nesse caso foi obtido um bom ajuste entre o tempo de desenvolvimento e as demais variáveis ($r=0.834$, $P < 0,001$).

$$D = c.e^{dT}.A^f + gT \quad (\text{Eq. } 8)$$

Tabela 2 - Dados de criação em condições de laboratório de diferentes coleópteros. P= peso em mg. T= temperatura de criação em graus centígrados, D= tempo de desenvolvimento ovo-adulto em dias. G= número de gerações em um ano.

Nome da espécie	P	T	D	G
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Coleoptera - Cucujidae)	0,4	15,0	80	4,16
		20,0	45	8,11
		25,0	30	12,16
		30,0	22	16,19
		35,0	17	21,47
<i>Lasioderna serricorne</i> (Coleoptera - Nobiidae)	2,0	20,0	110	3,31
		22,5	61	5,98
		25,0	48	7,60
		27,5	38	9,60
		30,0	29	12,58
32,5	27	13,51		
<i>Gibbium psylloides</i> (Coleoptera - Ptinidae)	4,0	20,0	116	3,14
		25,0	72	5,06
		30,0	51	7,15
		33,0	45	8,11
<i>Niptus hololeucus</i> (Coleoptera - Ptinidae)	6,0	20,0	121	3,01
		25,0	96	3,80
		30,0	60	6,08

Tabela 3 - Dados de crescimento de três espécies de planária. T= temperatura de incubação em graus centígrados. D= tempo de desenvolvimento em dias. A= superfície do animal em mm².

<i>D. mediterranea</i> (assexuada)			<i>D. mediterranea</i> (sexuada)			<i>D. tigrina</i>		
T	A	D	T	A	D	T	A	D
7	1,81	1	7	2,17	1	7	3,01	1
7	1,89	15	7	2,54	15	7	3,15	15
7	2,59	30	7	3,91	60	7	3,22	45
7	2,89	60	7	4,31	75	7	4,78	60
7	2,91	75	7	4,73	105	7	6,29	90
12	2,77	1	12	2,77	1	12	3,17	15
12	3,85	30	12	8,00	30	12	4,61	45
12	5,96	60	12	15,00	60	12	6,26	60
17	3,48	1	17	1,90	1	17	2,22	1
17	5,49	15	17	4,76	15	17	3,42	15
17	9,64	30	17	8,62	30	17	7,40	30

A correlação significativa da equação 5 e suas equações derivadas (Eq. 7 e Eq. 8), nos estimularam a formular mais uma equação derivada, onde S foi substituído por G , o número potencial de gerações de uma espécie no período de um ano (Eq. 9).

$$G = c.e^{dT}.W^f + gT \quad (\text{Eq. 9})$$

Na tabela 2, quarta coluna, estão os valores do número de gerações possíveis (em um ano) para quatro espécies de coleópteros. Com esses dados foi construída a figura 3, na qual se pode observar a forte influência da temperatura sobre o número de gerações das espécies de menor peso, assim como a atenuação dessa influência com o aumento do peso.

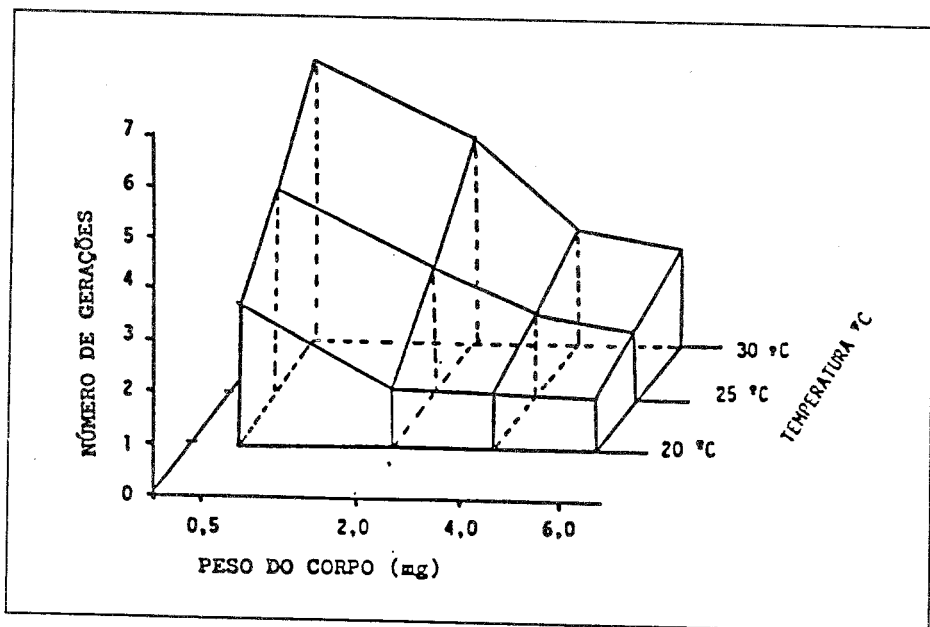


Figura 3 - Número hipotético de gerações de quatro espécies de coleópteros, em função do peso do corpo e da temperatura de incubação.

É claro que o número de gerações durante o ano, de uma determinada espécie, não depende apenas da temperatura ambiente. Outros fatores, como por exemplo a disponibilidade de alimento, são muito importantes. Apesar disso, os dados acima, constituem uma boa evidência da influência,

provavelmente indireta, da temperatura. O trabalho de KLEIN (in FELWELL, 1982), sobre o voltinismo da mariposa *Pieris brassicae* vem corroborar essa hipótese.

Em condições de laboratório, a 25 graus centígrados, esse autor obteve 8 gerações da mariposa no período de um ano. Em observações de campo, em diferentes localidades onde ocorre a mariposa, foi constatado um número variável de gerações durante o ano. A variação do número de gerações está inversamente correlacionada à latitude das localidades e, portanto, diretamente correlacionada à temperatura (Tab. 4).

Tabela 4 - Número de gerações por ano da mariposa *Pieris brassicae* em diferentes localidades.

LOCALIDADE	LATITUDE	GERAÇÕES
USSR (Leningrado)	60 N	1
POLÔNIA	53 N	2
LUXEMBURGO	51 N	4
CHECOSLOVAQUIA	48 N	2-3
USSR (TANCAUCASIA)	43 N	5
PALESTINA	32 N	5-7
PALESTINA (JAFFA)	32 N	7

Uma hipótese que explique o conjunto de dados acima, seria a seguinte: nas estações do ano mais quentes, quando aumenta muito o número de espécies pequenas, o número de gerações dessas espécies é fortemente incrementado pela temperatura. Como conseqüência ocorreria também um grande aumento do número de indivíduos dentro de cada espécie, o que determinará uma expansão da área geográfica ocupada por cada espécie. Os dados de IGLESIAS (1988), fornecem algum suporte empírico à hipótese.

Tamanho do Corpo, Biomassa e Sazonalidade

Neste tópico pretende-se apresentar os desdobramentos do conhecimento da estrutura de tamanhos das comunidades, principalmente no que se refere à distribuição da biomassa nas diferentes classes de tamanho.

Como foi visto acima, o número de espécies se correlaciona com o tamanho do corpo (Eq. 2). Também se verifica a existência de correlação significativa entre o número de indivíduos (N) e o tamanho do corpo (Eq. 10), onde a constante m , para as "amostras de bibliografia" toma o valor $-1,0$ (PETERS, 1983; IGLESIAS, 1988).

O número de indivíduos dentro de cada classe de tamanho multiplicado pelo valor médio da classe, resulta na biomassa por classe de tamanho. A distribuição dessa biomassa pode ser expressada pela equação 11

$$N = k W^m \quad (\text{Eq. 10})$$

$$B = p W^q \quad (\text{Eq. 11})$$

Na figura 4 são mostradas as distribuições do número de espécies, de indivíduos e da biomassa nas diferentes classes de tamanho, para um total de 672 espécies de insetos, coletados durante um ano, em uma área relativamente pequena e ecologicamente bem definida. A distribuição da biomassa observada na figura, não apresenta qualquer tendência de aumento ou diminuição em função das classes de tamanho, isto é, essa distribuição parece ser independente das classes de tamanho. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por DAMUTH (1981), para os mamíferos da América do Norte, e também aos de SHELDON *et al.* (1972, 1977), e de RODRIGUEZ & MULLIN (1986), ao trabalhar o plâncton marinho.

Além dos trabalhos que descrevem uma distribuição de biomassa independente das classes de tamanho, existem outros onde tal não se verifica. SPRULES *et al.* (1983), trabalhando com ecossistema pelágico em lagos chegam a conclusão que a distribuição da biomassa nas classes de tamanho durante o ano é bimodal. SCHWINGHAMER (1981), estudando um ecossistema pelágico marinho encontra uma distribuição trimodal, enquanto GRIFFITHS (1986) estudando aves e insetos encontra distribuições bimodal e polimodal, respectivamente. Para culminar essa aparente confusão temos o trabalho de BROWN & MAURER (1986) que trabalhando com aves e mamíferos encontram resultados muito variáveis. Nesse trabalho os autores, de certa forma, colocam em dúvida os resultados de DAMUTH (1981) ao encontrar uma grande concentração de biomassa nas classes de maior tamanho.

Os resultado de IGLESIAS (1988, 1990) podem, de certa forma, harmonizar as diferenças acima citadas. Nesse trabalho, ao contrário dos demais, é feita uma análise de amostras coletadas durante doze meses consecutivos, de um ecossistema bem característico - a restinga. A área amostrada, tem uma extensão de sete quilômetros por dois de largura. É uma área limitada pelo mar e por uma lagoa costeira sendo, portanto, relativamente isolada de outros ecossistemas. Foram classificadas e medidos

mais de 20.000 indivíduos distribuídos em mais de 1.000 espécies de quatro ordens: *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Homoptera* e *Lepidoptera*. Em resumo os resultados encontrados foram os seguintes:

- a distribuição da biomassa nas classes de tamanho mostra uma grande variação ao longo do ano (Fig. 5).
- a distribuição da biomassa nas classes de tamanho forma um contínuo, correlacionado significativamente ($r = 0,945$, $P < 0,001$) com a temperatura ambiente (Fig. 6).
- na direção inverno-verão há uma espécie de "onda de biomassa", que se desloca das classes de maior tamanho para as classes de menor tamanho, formando ciclos sazonais.

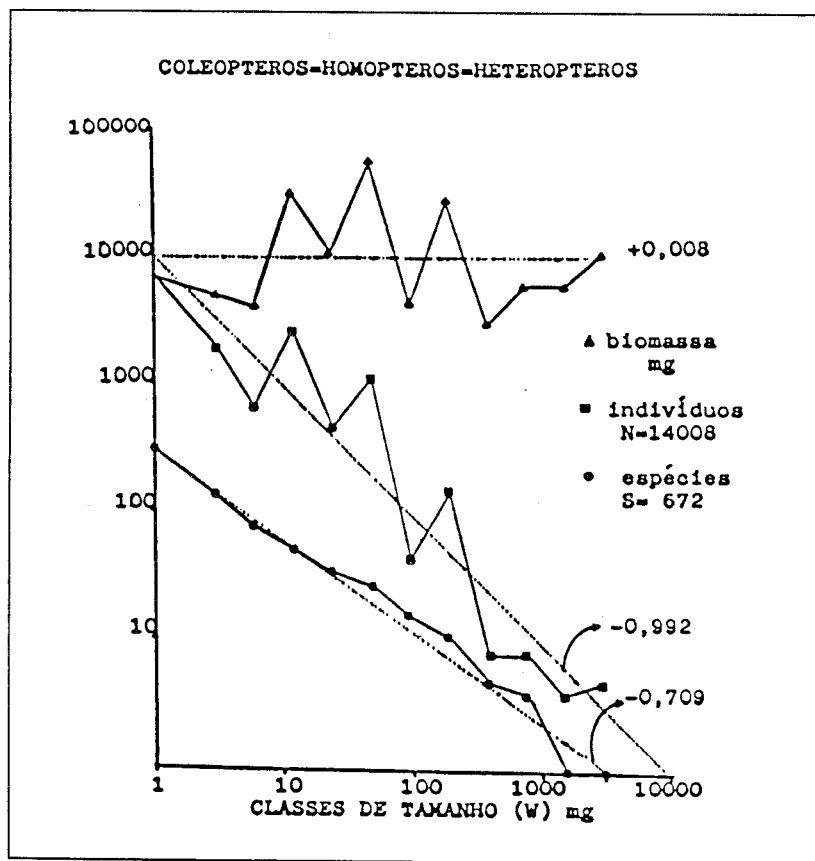


Figura 4 - Distribuição do número de espécies, indivíduos e biomassa por classes de peso. As linhas pontilhadas indicam o valor da inclinação da reta de melhor ajuste.

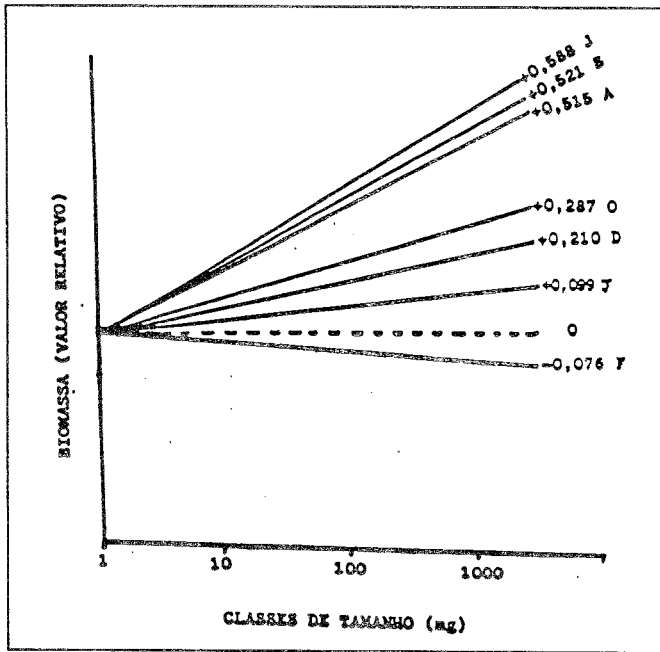


Figura 5 - Representação conjunta das retas de regressão, referentes a equação 11 ($B = p W^q$). Os valores do lado direito indicam a inclinação dessas retas, as letras os meses do ano.

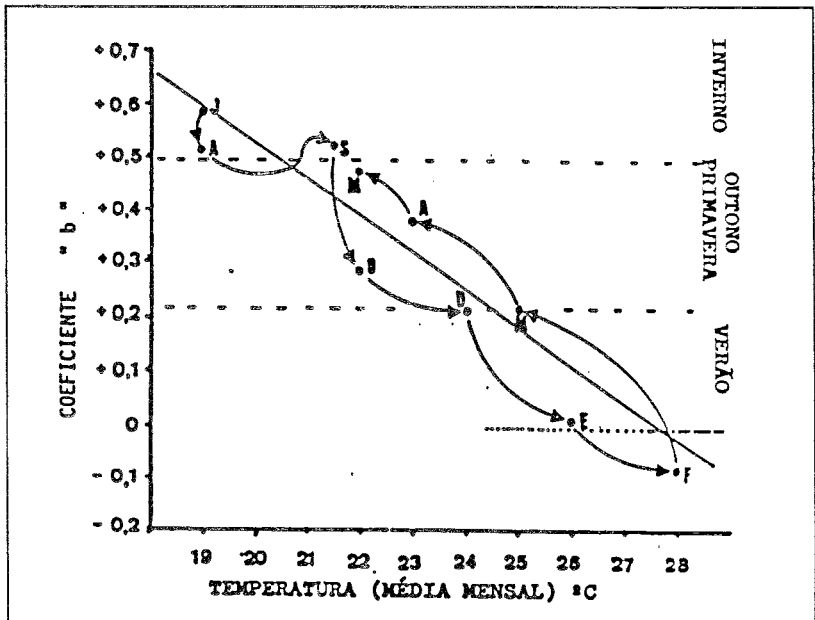


Figura 6 - Valores da constante q da equação 11 (ordenadas), para dez amostras de coleópteros. As letras indicam os meses do ano em que foram feitas as amostras.

Importância da Estrutura de Tamanhos das Comunidades

A um grupo de indivíduos diferentes que vivem em uma mesma área, e cuja sobrevivência está pautada por interações, da-se o nome de comunidade. Embora existam outras definições de comunidade (LEVINSHON, 1990)¹, é comum a todas a referência a um certo nível de interdependência entre os elementos constituintes. Portanto é fundamental que os elementos formadores de uma comunidade tenham um mínimo de proximidade espaço-temporal. Aqui se introduz o problema da escala em que se trabalha, que por vezes é grande demais (MAY, 1978; DAMUTH, 1981), e outras é excessivamente pequena (BROWN & MAURER, 1987).

As flutuações de populações mistas dentro de uma comunidade são mostradas na figura 7 (IGLESIAS in MARGALEF, 1991). Essa figura é uma idealização obtida pelo uso de linhas interpoladas, cuja base de dados é uma amostragem da entomofauna de Maricá. Na figura 7 a curva que representa o verão mostra um predomínio de indivíduos pouco corpulentos e a biomassa se distribui mais homoganeamente ao longo das classes de tamanho, com uma leve tendência para se acumular nas classes de tamanho pequeno (inclinação $-0,1$). No inverno há uma redução das espécies de tamanho pequeno (inclinação $+0,2$), com a biomassa mais concentrada nas espécies maiores. Primavera e outono (inclinação $+0,1$) os valores são intermediários.

O principal objetivo ao se descrever os padrões acima é simplesmente confirmar a existência de restrições que de alguma forma modelam a distribuição de indivíduos e espécies. No caso em questão o tamanho do corpo e a temperatura são os principais protagonistas. Além disso pretendeu-se estabelecer um modelo onde são assinalados os valores máximos e mínimos das variações dos padrões. A existência de um gradiente no tempo (sazonal) entre os valores máximos e mínimos é sugerida nesse modelo. Mesmo que seja pouco provável que uma comunidade apresente um comportamento tão regular quanto o sugerido neste trabalho, não se pode ignorar o sistemático aparecimento dos padrões aqui apresentados.

Pode-se agora fazer uma tentativa para integrar três importantes conceitos ecológicos: 1) a estrutura de tamanhos das comunidades naturais, 2) a taxa de renovação (TR) da comunidade como um todo e de seus compartimentos, 3) o processo de sucessão ecológica.

1- Para uma discussão mais ampla V. LEVINSHON (1990)

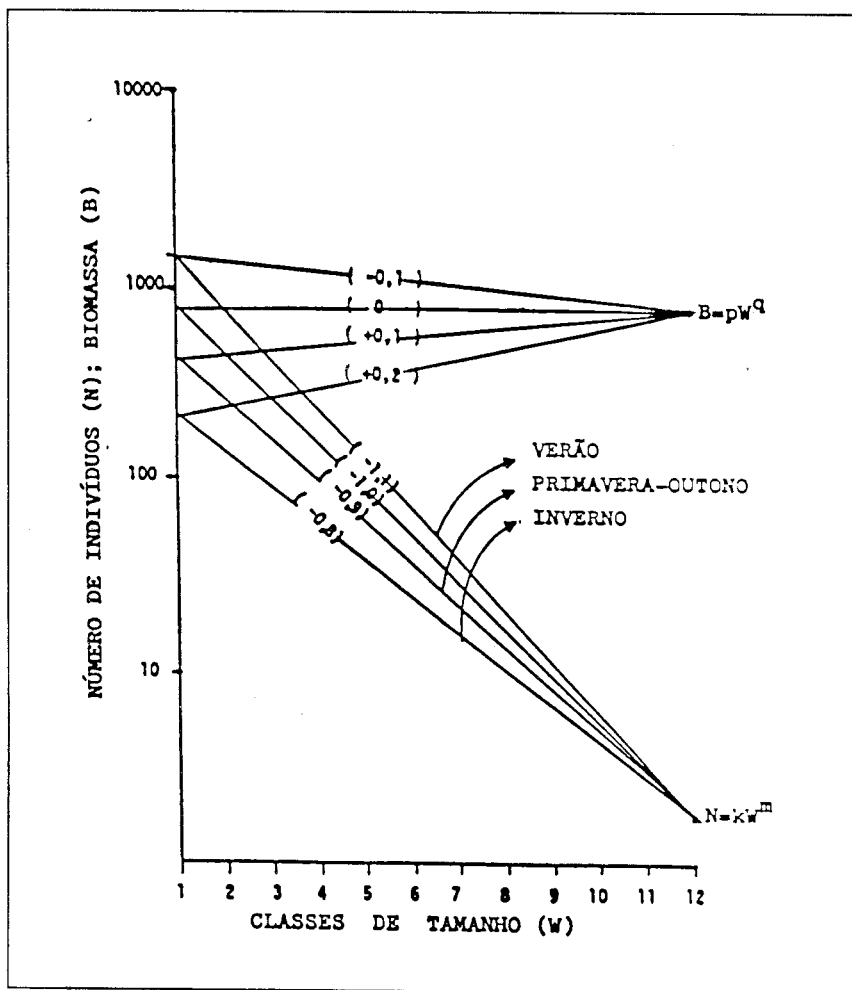


Figura 7 - Representação idealizada dos valores q (inclinação da curva da biomassa, equação 11; em número de indivíduos, equação 10) nas quatro estações do ano. Entre parênteses são indicados os valores máximos e mínimos das inclinações.

Uma comunidade pode ser dividida em compartimentos, tais como: produtores, decompositores, predadores, necromassa, etc. Cada compartimento apresentará uma TR característica, que é o tempo necessário para renovar a biomassa dentro do compartimento. Cada comunidade tem sua própria taxa de renovação, que é a média ponderada das taxas de renovação dos diferentes compartimentos. A ponderação é feita pela contribuição relativa de cada compartimento. A ligação entre a estrutura de tamanhos e as taxas de renovação determina que: comunidades com TR

média alta devem apresentar grande número de espécies de pequeno porte enquanto que as comunidades de baixa **TR** serão formadas por muitas espécies de grande porte.

Uma comunidade onde predominem as espécies de tamanho pequeno apresentará elevadas taxas de renovação e, conseqüentemente, altas taxas de utilização de energia e nutrientes, bem como elevadas taxas de processamento de substâncias contaminantes (PETERS, 1983; MARGALEF, 1991). A remoção de espécies de tamanho grande dessa comunidade poderá ser inócua, enquanto a remoção de espécies de tamanho pequeno poderá provocar profundas alterações no seu funcionamento. Nas comunidades dominadas por espécies pequenas, devem ser observadas grandes alterações do número de indivíduos ao longo do tempo (PETERS, 1983). Expectativas inversas são esperadas para as comunidades onde prevalecem espécies de tamanho grande.

As previsões das consequências de fortes alterações ambientais sobre as comunidades naturais, seriam muito facilitadas caso existissem melhores informações sobre a estrutura de tamanhos dessas comunidades. Os trabalhos de DAMUTH, MAY, SHELDON, RODRIGUEZ (op.cit.) enfatizam a idéia de uma biomassa constante nas diferentes classes de tamanho. Nesse caso as espécies pequenas serão tão importantes quanto as grandes, no que se refere ao fluxo de energia, consumo de nutrientes etc.

Os trabalhos de IGLESIAS (1988, 1990) mostram que a estrutura de tamanhos de comunidades de insetos tropicais apresenta uma variação sazonal, isto é, no verão a maioria de espécies é de tamanho pequeno, enquanto no inverno esse número é menor. Esse tipo de variação anual da distribuição de biomassa por classes de tamanho, também pode existir em comunidades da zona temperada. Essas observações devem servir como advertência na hora de realizar previsões sobre as consequências dos chamados "impactos ambientais", tendo como informação dados obtidos em períodos curtos de tempo.

Tendências Gerais do Funcionamento das Comunidades Naturais

A tendência das comunidades e também dos ecossistemas é a de reduzir as taxas de renovação (valor médio) com o passar do tempo. Tal característica é aqui denominada como "**tendência Macunaímica da natureza**", inspirado no personagem Macunaíma, criado pelo escritor brasileiro MARIO DE ANDRADE. A tendência Macunaímica - reduzir ao mínimo a atividade para continuar existindo - é patente no processo de sucessão ecológica. Nas fases iniciais a velocidade de renovação da biomassa é muito alta (**P/B** alto), enquanto nas fases avançadas a velocidade é muito reduzida (**P/B** baixo). A diminuição da **TR** média do ecossistema não implica na diminuição da **TR** de todos os compartimentos. Em todos os ecossistemas

sempre são mantidos alguns compartimentos de **TR** elevada⁽²⁾, o que justifica a persistência de espécies de pequeno porte, mesmo em etapas avançadas do processo de sucessão.

Essa visão do funcionamento da natureza é oposta à sugerida por Van Valen (in MARGALEF, 1991) através do personagem Rainha Vermelha criado pelo escritor e matemático inglês LEWIS CARROL - Alice no País das Maravilhas- que em síntese afirma que as espécies ou a natureza trabalham e se reproduzem o mais rápido que podem para continuar existindo.

Resumindo o que foi escrito acima sobre a estrutura das comunidades naturais, pode-se dizer que: a) há uma variação de curto prazo (anos) e b) variações de longo prazo (décadas). Nas situações onde se considera a variação a curto prazo há uma tendência para reduzir as taxas de renovação, caracterizada pela "onda de biomassa", isto é, passagem gradual de biomassa das classes menores para as maiores (Figs. 5, 6 e 7). Essa tendência, contudo, apresenta um certo nível de reversibilidade, formando os ciclos sazonais. Na variação de longo prazo, a sucessão ecológica tende a reduzir a **TR** pelo incremento relativo de compartimentos com baixa **TR**. As duas situações, portanto, se caracterizam por uma tendência a diminuir a velocidade do sistema - tendência macunaímica da natureza - que sempre é acompanhada por um aumento de complexidade (IGLESIAS, 1992). Tais características ou tendências apresentam assimetrias: o aumento da complexidade e a diminuição da **TR** é, em geral, um processo demorado e previsível desde o interior do sistema, enquanto a simplificação e aumento da **TR** é um processo muito rápido (ação do fogo, desmatamentos, queda de meteoritos, etc) e imprevisível de dentro do sistema. Seriam essas as razões que por um lado tornam a ciência (ecologia) possível e por outro tornam as previsões difíceis.

O tamanho do corpo dos animais é uma característica parcialmente responsável pelas assimetrias na velocidade de funcionamento dos ecossistemas, merecendo, portanto, maior atenção por parte dos ecólogos. O tamanho do corpo pode servir como uma espécie de "variável-guia", isto é, uma variável que facilita ou possibilita a interpretação de outras variáveis das comunidades naturais

Um breve exemplo ajudará na compreensão do que foi acima exposto. O homem ao estabelecer os sistemas agrícolas, está interessado numa alta produtividade desses sistemas. Por essa razão elimina a diversidade (desmatamento, queimadas) e planta uma poucas espécies de pequeno porte, ou mesmo estabelece monoculturas. Com essas providências garante uma **TR** muito alta. Agora, deixe-se um campo agrícola abandonado por vários anos, qual será a tendência? Aumento da diversidade, colonização por espécies de grande porte,

2- Uma floresta tropical tem uma **TR** média muito baixa, mas o compartimento "folhas" dessa floresta tem **TR** elevada

redução da TR, etc, isto é, a tendência da natureza sem interferência do homem é, sem dúvida Macunaímica.

O parágrafo anterior pode parecer humorístico para não dizer pouco científico; não foi essa a intenção. Em primeiro lugar nunca é demais lembrar que a ciência não é neutra, pois algum tipo de teoria sempre precede a observação, isto é, não se pode separar a teoria da observação (CHALMERS, 1987). Essa visão da ciência é um dos poucos pontos onde há acordo entre os principais filósofos da ciência contemporâneos (KUHN, 1970; POPPER, 1972; FEYERABEND, 1975). Em segundo lugar é um fato incontestável que a teoria ecológica atual foi criada, na sua quase totalidade, por cientistas nascidos em países da zona temperada. Também é verdade, no sentido comum da palavra, que entre esses cientistas há um predomínio de anglo-saxões, cuja cultura é muito influenciada por uma espécie de "culto" ao trabalho. São cientistas que ao contemplarem os fenômenos da tão esperada primavera, observando a vida ressurgindo rapidamente por todas as partes, devem sentir algo semelhante ao homem primitivo ao contemplar o nascer do sol a cada dia. Terão esses cientistas a mesma visão de mundo que um pesquisador oriundo de uma cultura tropical? Ou ainda, terão esses pesquisadores capacidade para entender que Macunaíma, o herói sem nenhum caráter tem muito caráter, mas um caráter tropical?

Bibliografia.

- BROOKS D.R., WILEY E.O. 1986. Evolution as Entropy. Toward a unified theory of Biology. Chicago Univ. Press.
- BROWN, J.H., MAURER, B.A. 1986. Body size, ecological dominance and Cope's ruel. Nature, 324:248-250.
- CHALMERS, A.F. 1987. Qué es esa cosa llamda ciencia? Madrid. Edit. Siglo XXI.
- DAMUTH, J. 1981. Population density and body size in mammals. Nature, 290:699-700
- DARWIN, C. 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Seletion. London. John Murray.
- DOBZHANSKY, T. 1970. Genetics of the evolutionary process. Columbia Univ. Press.
- _____. 1937. Genetics and the origin of species. Columbia Univ. press.
- CALDER III, W.A. 1984. Size, function and life History. Harvard Univ. Press.

- FEYERABAND, P.K. 1975. Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge. Londres. New Left Book.
- FELWELL, J.A. 1982. Large white butterfly series entomologica. SCHIMITSCHECK, E., SPENCER, K.A. (eds). Junk Publ.
- FRYER, G. 1987. Quantitative and qualitative numbers and reality in the stude of living organisms. Freshwater Biology. 17:177-189
- GRIFFITHS, D. 1986. Size abundance relations in communities. Amer. Nat. 128:140-166.
- HOWE, R.W. 1956. The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *T. castaneum*. Ann. Appl. Biol. 44(2):356-368.
- _____. 1957. A laboratoy study of the cigarette beetle *L. sericorne*. Entomol. Res. 48:9-56.
- HUTCHINSON, G.E., MacARTHUR, R.H. 1959. A theoretical ecological model of size distributions among species of animals. Amer. Nat. 93(869):117-125
- IGLESIAS, R.R. 1988. Diversidad taxonómica y ataxonómica em poblaciones de insectos. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona Edit. 141 p.
- _____. 1990. Diversidade taxonômica e ataxonômica em comunidades de insetos. In: MARTINS, R.P., LOPES F.S. (eds). Encontro de Ecologia Evolutiva. Academia de Ciência do Estado de São Paulo 69:36-42.
- _____. HERNANDEZ, M.I.M. 1991. Avaliação do Tamanho do Corpo de Insetos em três famílias de COLEOPTERA. Rev. Bras. Biol., 53(1):37-41.
- _____. 1992. Estrutura e Funcionamento de Ecossistemas: Conetância. Diversidade e Hierarquia ou O Pequeno é Bonito, Será ele Possível? (in) O Ambiente Total. Edit. Univ. Fed. Rio de Janeiro.
- JANSEN, D.H., SCHOENER, T.W. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and dryer sites during a tropical dry season. Ecology, 49(1):96-110
- KUHN, T. S. 1970. The structure of science revolutions. Chicago. Univ. Press.
- LAWTON, J.H. 1988. Species richness, population abundance, and body size ininsect communities: tropical versus temperate comparisons. Symposium on Evolutionary Ecology of Tropical Herbivorous. Campinas. S.P.
- LEWINSHON, T.M. 1990. Concepções alternativas da organização de comunidades. In: MARTINS, R.P., LOPES, F.S. (eds). Atas Encontro de Ecologia Evolutiva. Academia de Ciência do Estado de São Paulo, 69:26-33,35
- MARGALEF, R. 1980. La Biosfera: entre la termodinámica y el juego. Barcelona, Omega.

- _____. 1986. Sucesión y evolución: su proyección biogeográfica. Palaeontol. y Evol., 20:7-26
- _____. 1991. Teoría de los sistemas ecológicos. Univ. Barcelona Edit.
- MAY, R.M. 1978. The dynamics and diversity of insect faunas. In: MOUND & WALOFF (eds). Diversity of Insect Faunas. Blackwell Sci. Publ.
- _____. 1982. Patterns in multi-species communities. In: MAY, R.M. (ed). Theoretical Ecology. Blackwell Sc. Publ.
- _____. 1986. The search for patterns in the balance of nature. Ecology, 67:1115-1126.
- MAYR, E. 1942. Systematics and the origin of species. Columbia Univ. Press.
- MORSE, D.R., STORK, N.E., LAWTON, J.H. 1988. Species number, species abundance and body length relationships of arboreal beetles in Bornean lowland rain forest trees. Ecological Entomology, 13:25-37.
- PETERS, R.H. 1983. The ecological meaning of body size. Cambridge Univ. Press.
- POPPER, K.R. 1972. Objective knowledge. Oxford Univ. Press.
- PRIGOGINE, I., STENGER, I. 1989. Entre el tiempo y la eternidad. Madrid. Alianza Editorial.
- RENSCH, B. 1947. Evolution above the species level. Columbia Univ. Press.
- SIMPSON, G.G. 1949. The meaning of evolution. New Haven. Yale Univ. Press.
- RODRIGUEZ, J., MULLIN, M.M. 1986. Diel and interannual variation of size distribution of oceanic zooplanktonic biomass. Ecology, 58:693-696.
- ROMERO, R.B. 1987. Anàlisi cellular quantitativa del creixement i de la reproducció a diferents espècies de planàries. Tese Doctoral. Universitat de Barcelona. 282 p.
- SCHWINGHAMER, P. 1981. Characteristic size distributions of integral benthic communities. Can. J. Fish Aquat. Sci., 38:1255-1263
- SHELDON, R.W., PRAKASH, W.A., SUTCLIFFE, W.H. 1972. The size distribution of particles in the ocean. Limnol. Oceanogr., 17:327-340
- _____. SUTCLIFFE, W.H., PARANJAPÉ, M.A. 1977. Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production. J. Fish. Res. Board Can., 34:2344-2353.
- SPRULES, W.G., CASSELMAN, J.M., SHUTER, B.J. 1983. Size distribution of pelagic particles in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40:1761-1769.

VAN VALEN, L. 1973. Body size and numbers of plant and animals. Evolution, 27:27-35.

YATES, F.E. 1979. Comparative physiology: compared to what? Amer. J. Physiol., 237:1-2.

Endereços:

IGLÉSIAS, R.R.

Depto. de Ecologia, IB., UFRJ. C.P. 68020. Cidade Universitária,
Ilha do Fundão. CEP 21944-970. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.