

Distribuição de abundância e tamanho do corpo de invertebrados do folhiço em uma floresta de terra firme na Amazônia Central, Brasil

Hélida Ferreira da Cunha^{1, 2}

José Alexandre Felizola Diniz-Filho¹

Divino Brandão¹

ABSTRACT. Abundance and body size distribution of invertebrates of leaf litter in Amazonian forest, Brazil. Based on 605 invertebrates sampled of the litter in an Amazonian Forest, some basic macroecological patterns for this assemblage were described. The relationship between abundance and body size, at logarithmic scale, was triangular, and the distribution of species was constrained in an asymmetric triangular envelope, that was tested using null model procedures in ECOSIM ($P=0,0002$). The most abundant species were at an intermediated body size. The relationship between maximum abundance with different mean body size classes confirmed the Energetic Equivalence Rule ($b = -1,069$; $t_{-0,75} = -2,13$; $P = 0,079$). This way, species tend to consume energy from the community independent of their body size, since requirements are compensated by local population density.

KEYWORDS. Abundance; body size; Energetic Equivalence Rule; invertebrates; triangular pattern.

INTRODUÇÃO

Abundância, tamanho do corpo, riqueza de espécies e área de distribuição geográfica são as variáveis mais freqüentemente usadas para descrever padrões macroecológicos, definidos a partir da comparação de espécies em grandes escalas geográficas e ao longo do tempo evolutivo (PETERS 1983; STORK & BLACKBURN 1993; BROWN 1995; GOTTELI & GRAVES 1996; BLACKBURN & GASTON 1999; KRÜGER & MCGAVIN 2000). Nesse contexto, uma das relações mais discutidas atualmente é exatamente a relação entre abundância e tamanho corpóreo.

DAMUTH (1981, 1991) salientou que a energia total usada pela população local por unidade de tempo - o produto densidade populacional e requerimento metabólico de cada indivíduo - é independente do tamanho do corpo ($DR_{OC}W^{-0,75}W^{0,75} = W^0$). Este resultado levou-o a concluir que espécies de diferentes tamanhos na comunidade usam aproximadamente a mesma quantidade de energia - Regra de Equivalência Energética (Energetic Equivalence Rule, EER). Mais recentemente, passou-se a visualizar a relação proposta por DAMUTH (1981), entre os logaritmos do tamanho do corpo e da densidade populacional (abundância), como uma linha de

restrição, definida como a hipotenusa de um envelope de restrição, dentro do qual as espécies se situam (BLACKBURN *et al.* 1993; COATGREAVE 1993) (Fig. 1). A EER é, entretanto, uma das mais discutidas generalizações macroecológicas, e diversos artigos recentes têm questionado sua validade, com base em diferentes aspectos teórico-metodológicos e análise de dados empíricos (BINI *et al.* 2001).

Artrópodes de floresta tropical são extremamente abundantes e diversos, mas muito pouco é conhecido atualmente sobre a distribuição de abundância e tamanho do corpo de artrópodes tropicais (STORK & BLACKBURN 1993), especialmente na Floresta Amazônica. O objetivo deste trabalho foi descrever a relação entre as distribuições de abundância e tamanho do corpo de espécies de invertebrados do folhiço em uma reserva na Floresta Amazônica e, a partir daí, testar a hipótese da EER e verificar se há um padrão de distribuição das espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na primeira semana de agosto/1999 na Reserva do Km 41 - unidade de conservação do INPA,

1. Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás. Caixa Postal 131, 74001-970, Goiânia-GO, Brasil.

2. Endereço eletrônico: hfcunha@icb1.ufg.br

distante cerca de 80 km ao NE de Manaus-AM (2°24'S e 59°44'W). A área é uma floresta tropical úmida de terra firme, não perturbada (RADAMBRASIL 1978).

Em mil hectares da reserva há um sistema de trilhas, separadas a cada cem metros, formando parcelas de 1 ha. Ao longo de duas trilhas paralelas, distantes 20 m entre si, foram marcados 20 pontos de amostragem, onde foram colocadas 30 armadilhas tipo pit fall (recipiente plástico com 12 cm de profundidade e diâmetros de 45,55 cm e de 28,27 cm), distantes 20 m entre si. Durante três dias, a cada 24 h, o conteúdo das armadilhas (água com algumas gotas de detergente) era coletado para triagem dos invertebrados sob estereomicroscópio, quando se fazia a contagem do número de indivíduos (abundância), a identificação de morfo-espécies ao nível de classe, ordem, família ou gênero e a medição do tamanho do corpo (vértice da cabeça ao ápice do abdômen, excluindo apêndices) dos indivíduos adultos de cada morfo-espécie. As medidas de tamanho do corpo foram feitas com o uso de paquímetro "Superpolvamid 31 414" (mm) ou régua micrométrica "Minitool" (mm), dependendo do tamanho do corpo do organismo.

Foi calculado um tamanho de corpo médio para cada morfo-espécie. Para evitar superestimação da riqueza de espécie e do tamanho médio do corpo da espécie, todos os indivíduos jovens (imaturos) foram excluídos da análise, entre os quais, espécimes de Blattodea, Orthoptera, Scorpionida, Coleoptera e Araneae. Também foram excluídos da análise insetos alados (Homoptera, Diptera, Heteroptera, Vespoidea, Apoidea), que não fazem parte da fauna que ocorre no folhíço e provavelmente apareceram nas armadilhas para se alimentarem dos indivíduos coletados, ou por simples atração pela armadilha.

Dados de tamanho do corpo e de abundância foram transformados para \log_n . A relação entre o \log_n da abundância máxima e a média de diferentes classes de tamanho médio do corpo foi executada para testar a EER (beta = -0.75), assumindo a relação de forma triangular no qual a EER se expressaria como uma reta de restrição superior. A distribuição de morfo-espécies na relação entre os logaritmos de tamanho do corpo e de abundância foi testada também segundo um modelo nulo, pelo programa ECOSIM (GOTELLI & ENTSMINGER 2000). De acordo com esse modelo, o envelope de restrição é definido inicialmente ligando-se os pontos (Xmax, Ymin), (Xmediana e Ymax) e (Xmin, Ymin), onde Xmax e Ymax são só máximos para as variáveis X e Y (abundância e tamanho do corpo, respectivamente), e Xmediana é a mediana de X. Em seguida, os dados originais foram aleatorizados e, em cada iteração, contou-se o número de espécies que está alocado dentro dos limites do envelope, construindo-se assim uma distribuição nula do número de espécies que se encontra nos limites do envelope de restrição se os dados das espécies estão arranjados apenas ao acaso (GOTELLI & ENTSMINGER 2000). Neste estudo, 5000 aleatorizações foram utilizadas para este teste.

RESULTADOS

Um total de 605 invertebrados do folhíço foi coletado na Reserva do Km 41, na floresta Amazônica durante o estudo. A Tabela 1 resume os valores de riqueza de espécies, abundância de indivíduos por morfo-espécie e média ponderada do tamanho médio do corpo (mm) para as morfo-espécies coletadas, ao nível de classe, ordem ou família.

Cerca de 99,7% dos espécimes e 97,1% das espécies

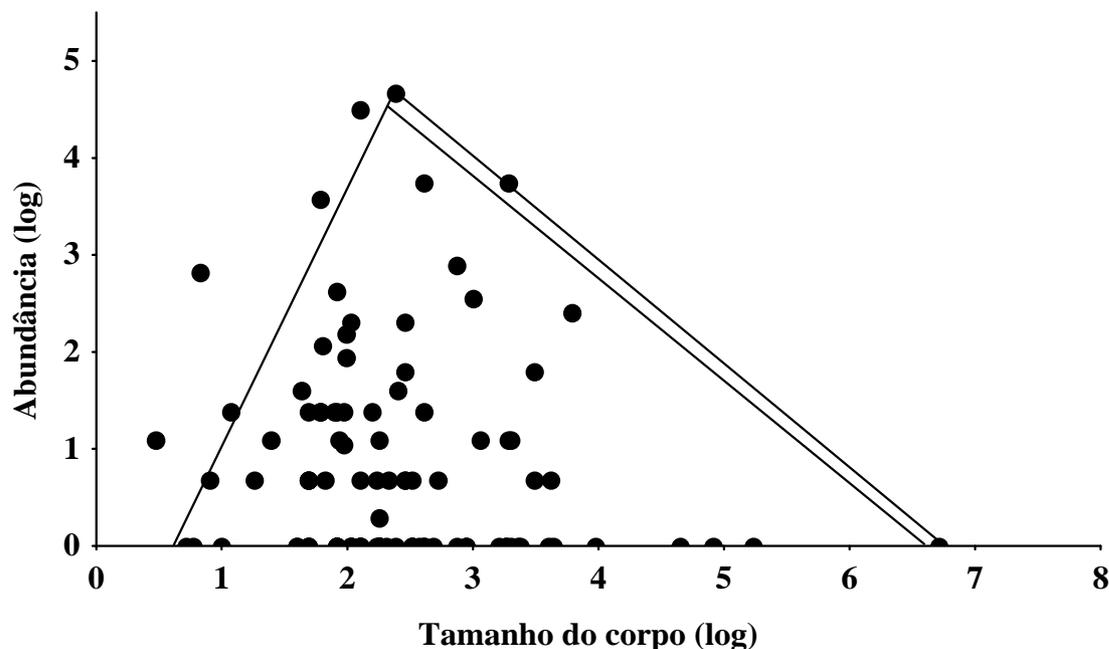


Fig. 1. Relação entre \log_n da abundância e do tamanho médio do corpo de invertebrados do folhíço da Amazônia. A linha cheia indica o ajuste da borda superior esquerda deste envelope.

Tabela 1. Riqueza, abundância e tamanho médio do corpo (mm) de invertebrados do folhiço da Reserva do Km 41 na Floresta Amazônia, em agosto/1999.

| Grupo | Nível taxonômico | Riqueza | Abundância | Tamanho médio do corpo | |
|------------|------------------|-------------|------------|------------------------|-------|
| Annelida | Oligochaeta | 2 | 2 | 169,15 | |
| Mollusca | Gastropoda | 1 | 1 | 4,80 | |
| Arthropoda | Crustacea | Isopoda | 1 | 2 | 2,25 |
| | Arachnida | Araneae | 16 | 24 | 4,42 |
| | | Acarina | 4 | 7 | 1,14 |
| | | Phalangida | 2 | 2 | 2,65 |
| | | Chelonetida | 1 | 1 | 2,00 |
| | | Insecta | Coleoptera | 31 | 304 |
| | Formicidae | | 31 | 159 | 6,73 |
| | Isoptera | | 1 | 2 | 4,50 |
| | Collembola | | 2 | 41 | 2,16 |
| | Thysanura | | 1 | 18 | 6,50 |
| | Orthoptera | | 5 | 27 | 0,88 |
| | Blattodea | | 4 | 15 | 11,71 |
| | Diplopoda | Diplopoda | 4 | 4 | 34,02 |
| TOTAL | | 104 | 605 | - | |

coletadas foram artrópodes e os grupos com maior riqueza e abundância foram, respectivamente, Coleoptera e Formicidae. Araneae foi o terceiro grupo em riqueza, mas perdeu em abundância para Collembola e Orthoptera (Tabela 1). As espécies mais frequentes e com a maior variação de tamanho do corpo, foram aquelas que apareceram uma única vez, havendo uma maior concentração de indivíduos de tamanho de corpo intermediário, em relação às espécies de tamanhos extremos (Fig. 1). Foi observada uma relação negativa entre o \log_n da abundância máxima e o tamanho do corpo ($y = 7,0227 - 1,0693 x$; $R^2 = 0,9622$, $P = 0,019$), considerando apenas o limite superior esquerdo do envelope de restrição (ver abaixo), mostrando uma tendência na diminuição do tamanho do corpo das espécies com o aumento da abundância de indivíduos (Fig. 1). A relação entre o \log_n da abundância máxima para diferentes classes de tamanho médio do corpo corroborou a EER ($b = - 1,0693$, $t_{0,75} = - 2,13$; $P = 0,079$). No entanto, essa relação entre abundância e tamanho de corpo seguiu de fato um padrão triangular de distribuição, formando um envelope de restrição. Em nenhuma das 5000 aleatorizações o número de espécies que está alocado dentro do envelope de restrição foi maior do que o observado, de modo que a probabilidade de que as espécies estejam restritas em um envelope triangular

assimétrico por acaso é muito baixa ($P = 0,0002$), o que confirma, assim, a existência desse envelope.

DISCUSSÃO

A maioria dos estudos sobre distribuição de abundância e tamanho do corpo de espécies na comunidade, tem sido feito com aves e mamíferos (DAMUTH 1981; PETERS 1983; BLACKBURN *et al.* 1990; NEE *et al.* 1991; BROWN 1995; SILVA *et al.* 1997; BLACKBURN & GASTON 1999). Para invertebrados há alguns estudos, a maioria restrita a grupos taxonômicos, guildas e/ou assembléias (BLACKBURN *et al.* 1990; STORK & BLACKBURN 1993; KRÜGER & MCGAVIN 2000). Entre estes últimos, os métodos de coleta utilizados variaram desde os mais restritivos (com o uso de iscas) até os mais generalizados (fumigação da vegetação). No presente trabalho, optamos por uma amostragem em um único estrato da floresta (folhiço), de onde os indivíduos foram coletados via armadilha (pit fall), sem isca. Qualquer armadilha é, por si, extremamente seletiva. O uso de pit falls, por exemplo, pode limitar um pouco a coleta uniforme de indivíduos de todas as classes de tamanho de corpo, uma vez que o espaço entre a superfície do solo e a borda da armadilha pode se alterar ao longo das coletas devido à manipulação e, neste caso, também

pelo fato de ter chovido em dois dos três dias de coleta. Esta restrição pode ter interferido na coleta de espécimes de tamanho muito pequeno. No entanto, foram tomados alguns cuidados no sentido de garantir o sucesso de amostragem, como: sempre que se retiravam as armadilhas fazia-se o nivelamento do solo junto à borda do pit fall; não foi usado nenhum tipo de isca, a fim de evitar seleção de espécies que seriam atraídas pela isca, particularmente.

Há uma tendência natural para que haja uma diminuição na abundância com o aumento do tamanho do corpo das espécies (PETERS 1983; COTGREAVE 1993; STORK & BLACKBURN 1993; GOTELLI & GRAVES 1996; BLACKBURN & GASTON 1999). Neste trabalho, mesmo com uma amostragem reduzida, foi observada uma diminuição na abundância com o aumento no tamanho médio do corpo das espécies, indicando que há uma restrição na distribuição de espécies em relação ao tamanho do corpo. Distribuição similar foi encontrada para coleópteros em Borneo (BLACKBURN *et al.* 1990), e na Inglaterra (COTGREAVE 1993), artrópodes da floresta tropical na Indonésia (STORK & BLACKBURN 1993), comunidade de insetos em *Acacia sp.* na Tanzânia (KRÜGER & MCGAVIN 2000). Entretanto, é importante considerar que a relação abundância – tamanho corpóreo não pode ser definida como apenas uma simples função linear ou alométrica, mas também como um envelope de restrição triangular (BROWN 1995), o que dificulta a comparação dos resultados deste trabalho com outros trabalhos anteriores que não levaram esse aspecto em consideração, além de dificultar sua interpretação em termos da EER original de DAMUTH (1981). Neste estudo, a presença do envelope de restrição foi confirmada, mas é importante destacar que a reta de restrição superior, que define a abundância máxima para organismos de diferentes tamanhos, confirma a EER.

PETERS (1993), por exemplo, cita uma lista de valores de inclinação (b) para a relação tamanho – abundância para diferentes grupos taxonômicos, que variou entre valores menores que -1,0 para diversos invertebrados. BINI *et al.* (2001) demonstraram recentemente, através de técnicas de meta-análise, que o uso de um expoente empírico (-0,75) para testar a EER é, na verdade, uma simplificação devido à heterogeneidade existente entre os diferentes estudos, mas talvez seja válida para mamíferos, como foi proposto inicialmente por DAMUTH (1981).

Este estudo teve a iniciativa de investigar a relação entre tamanho do corpo e abundância de invertebrados em ecossistema brasileiro, sendo por isso, pioneiro. O folheto é um estrato da floresta que possui uma alta diversidade de macroinvertebrados e constitui-se em um cenário acessível para

uma amostragem rápida e eficiente, de modo que mesmo levantamentos relativamente rápidos podem ser suficientes para confirmar padrões macroecológicos, tais como a EER.

Agradecimentos. Este trabalho foi realizado durante o Curso de Campo – Ecologia da Floresta Amazônica/1999 (PDBFF/INPA). Agradecemos o apoio de todos os participantes do curso, especialmente aos coordenadores M. G. J. Hopkins e E. M. Venticinque; J. Nessimian (UFRJ) pelas discussões sobre metodologia e ajuda na identificação de algumas morfo-espécies; A. J. dos Santos (USP) pela identificação de aranhas e formigas; J. A. Mesa (UNESP) pela identificação de ortópteros; FUNAPE e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BLACKBURN, T. M.; P. H. HARVEY & M. D. PAGEL. 1990. Species number, population density and body size relationships in natural communities. **Journal of Animal Ecology** **59**: 335-345.
- BLACKBURN, T. M.; V. K. BROWN; B. M. DOUBE; J. J. D. GREENWOOD; J. H. LAWTON & N. E. STORK. 1993. The relationship between abundance and body size in natural animal assemblages. **Journal of Animal Ecology** **62**: 519 - 528.
- BLACKBURN, T. M. & K. J. GASTON. 1999. The relationship between animal abundance and body size: a review of the mechanisms. **Advances in Ecological Research** **28**: 181-210.
- BINI, L. M.; A. S. G. COELHO & J. A. F. DINIZ-FILHO. 2001. Is the relationship between population density and body size consistent across independent studies? A meta-analytical approach. **Revista Brasileira de Biologia** **61**(1): 1-6.
- BROWN, J. 1995. **Macroecology**. Chicago, The University of Chicago Press, 269 p.
- COTGREAVE, P. 1993. The relationship between body size and population abundance in animals. **Trends in Ecology and Evolution** **8**: 244 - 248.
- DAMUTH, J. 1981. Population density and body size in mammals. **Nature** **290**: 699 - 700.
- DAMUTH, J. 1991. Of size and abundance. **Nature** **351**: 268-269.
- GOTELLI, N. J. & G. R. GRAVES. 1996. **Null models in ecology**. Washington and London, Smithsonian Institution Press, 368 p.
- GOTELLI, N. J. & G. L. ENTSMINGER. 2000. **ECOSIM: Null models software for Ecology** (version 5.0). Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.
- KRÜGER, O. & G. C. MCGAVIN. 2000. Macroecology of local insect communities. **Acta Oecologica** **21**(1): 21-28.
- NEE, S.; A. F. READ; J. J. D. GREENWOOD & P. H. HARVEY. 1991. The relationship between abundance and body size in British birds. **Nature** **351**: 312-313.
- PETERS, R. H. 1983. **The ecological implications of biology size**. Cambridge, Cambridge University Press, 329 p.
- RADAMBRASIL. 1978. Folha SA20 Manaus, p. 261. Ministério de Minas e Energia: Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- SILVA, M.; J. H. BROWN & J. A. DOWNING. 1997. Differences in population density and energy use between birds and mammals: a macroecological perspective. **Journal of Animal Ecology** **66**: 327-340.
- STORK, N. E. & T. M. BLACKBURN 1993. Abundance, body size and biomass of arthropods in tropical forest. **Oikos** **67**: 483 - 489.