

BT 682 A - Ecologia Vegetal

Aula 3

II. Crescimento, alometria e alocação de recursos em plantas

Luciana F. Alves
(2º semestre/2012)

Outline

- Estratégia de alocação de recursos para crescimento e sobrevivência (manutenção)
- Alometria: variação na forma entre espécies, e entre indivíduos da mesma espécie, ao longa da sua ontogenia

O que é alometria?

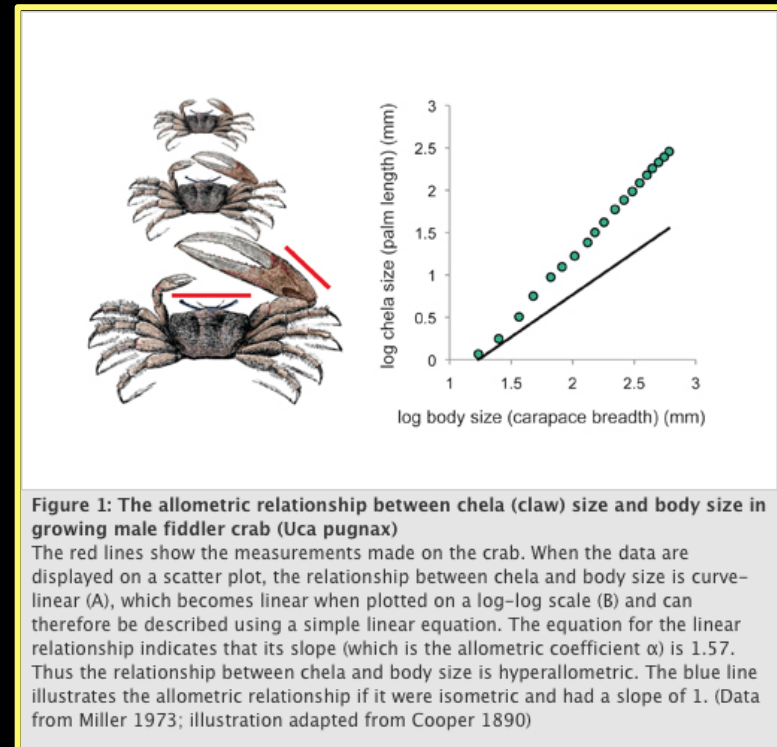
- **Estudo da relação entre tamanho e forma**
- **Como as características dos organismos mudam com o tamanho**
- **Relações biológicas de escala para atributos morfológicos, fisiológicos ou ecológicos**

Crescimento e forma

- **Tamanho e a forma dos organismos afeta diretamente sua capacidade de capturar recursos**
- **A taxa de aquisição de recursos, por sua vez, influencia não só como as populações sobrevivem, se desenvolvem e se reproduzem, mas também como elas competem**
- **Fontes de variação nesta relação: genética, ambiental e ontogenética**

Alometria e crescimento

- Termo criado por J. Huxley & G Teissier (1936)
- Aplicado a crescimento relativo
- Huxley queria entender como o caranguejo *Uca pugnax* cresce para produzir uma quela exageradamente grande
- Tamanho do corpo x tamanho da quela em diferentes estádios de desenvolvimento
- **Resultado: relação linear na escala log**
- A inclinação dessa relação (regressão) foi maior do que 1 (1.57)



- **Para qq unidade de aumento no tamanho do corpo no tempo, havia um aumento proporcionalmente maior no tamanho da quela**
- **Dedução: o tamanho exagerado era porque a quela crescia em uma taxa mais rápida do que o resto do corpo**

Alometria - funções

- Huxley & Teissier não foram os primeiros a estudar essas relações em animais (Gayon 2000)
- Mas eles propuseram unificar diferentes estudos através de uma conceito coesivo
- Usar função potência para descrever relações alométricas

$$Y = \alpha x^b$$

$$\log y = b \log(x) + \log(\alpha)$$

- Regressões lineares simples são usadas para descrever essa relação e estimar os expoentes **inclinação da reta** (coeficiente alométrico) e o **intercepto da linha**

Alometria – coeficiente alométrico

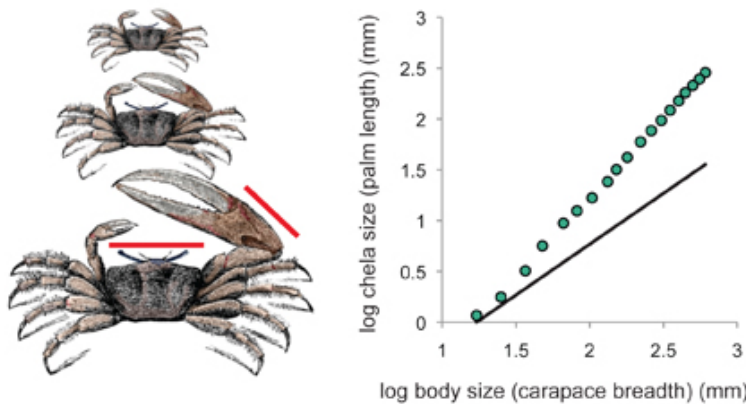


Figure 1: The allometric relationship between chela (claw) size and body size in growing male fiddler crab (*Uca pugnax*)

The red lines show the measurements made on the crab. When the data are displayed on a scatter plot, the relationship between chela and body size is curve-linear (A), which becomes linear when plotted on a log-log scale (B) and can therefore be described using a simple linear equation. The equation for the linear relationship indicates that its slope (which is the allometric coefficient α) is 1.57. Thus the relationship between chela and body size is hyperallometric. The blue line illustrates the allometric relationship if it were isometric and had a slope of 1. (Data from Miller 1973; illustration adapted from Cooper 1890)

- **Variáveis**

x (tamanho do corpo do organismo)

y (tamanho órgão ou parte do organismo)

- **Medidas em diferentes estádios de desenvolvimento**

- **Coeficiente alométrico (b) captura a razão de crescimento diferencial entre o órgão e o corpo como um todo**

Alometria positiva ou hiperalometria

$b > 1$: o órgão cresce mais rápido do que o corpo

Alometria negativa ou hipoalometria

$b < 1$: o órgão cresce a uma menor taxa em relação ao corpo

Alometria - coeficiente alométrico

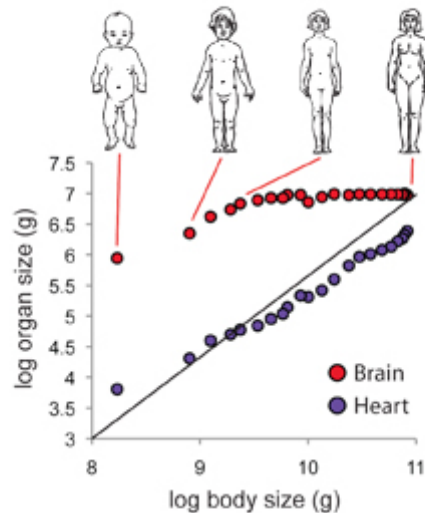


Figure 2: The brain and heart grow at different rates relative to the body.

Growth of the heart is more or less isometric to body size, with an allometric coefficient (α) of 0.98. In contrast growth of the brain is initially hypoallometric to body size, with an allometric coefficient (α) of 0.73, before growth stops once the body reaches a certain size, at about age 6. Consequently, head size becomes proportionally smaller as individuals grow to their final body size. Illustrations show body proportions at birth, 2, 5 and 20 years of age. (Adapted from Moore 1983; Data from Thompson 1917)



Coração: isometria (perto de 1)

Cabeça: alometria negativa

Ampliando o conceitos de alometria

Descrever tipos de variação biológica (fisiológicas, ecológicas)

- **alometria ontogenética**: crescimento relativo dos indivíduos; x e y são atributos medidos no mesmo indivíduo ao longo da sua ontogenia
- **alometria estática**: atributos medidos em diferentes indivíduos no mesmo estágio de desenvolvimento dentro de uma população ou espécie
- **alometria evolutiva**: atributos medidos em diferentes espécies
- **alometria filogenética**: razões de crescimento distintas em linhagens

O que é alometria?

Originalmente, o termo se referia as **relações de escala** entre tamanho de uma parte do corpo de um organismo em relação ao tamanho do organismo como um todo, a medida que este cresce durante o seu desenvolvimento (ontogenia)

Significado **mais recente** (modificado e expandido):

Relações biológicas de escala em geral, podendo incluir atributos morfológicos (como a relação entre tamanho do cérebro e do corpo entre adultos), fisiológicos (relações entre a taxa metabólica e o tamanho do corpo em mamíferos) ou ecológicos (a relação entre o tamanho da asa e a performance de voo em aves)

Unificando, a alometria descreve como os atributos ou processos se escalonam entre si.

Relação entre os tipos de alometria

Alometria ontogenética: o b reflete a diferença na taxa de crescimento entre o órgão e o corpo todo.

Alometria estática e evolutiva:

b reflete como a variação no tamanho do atributo medido é acompanhada pela variação no tamanho do corpo dentro de uma espécie (**estática**) ou entre espécies (**evolutiva**)

Significado biológico de alometria

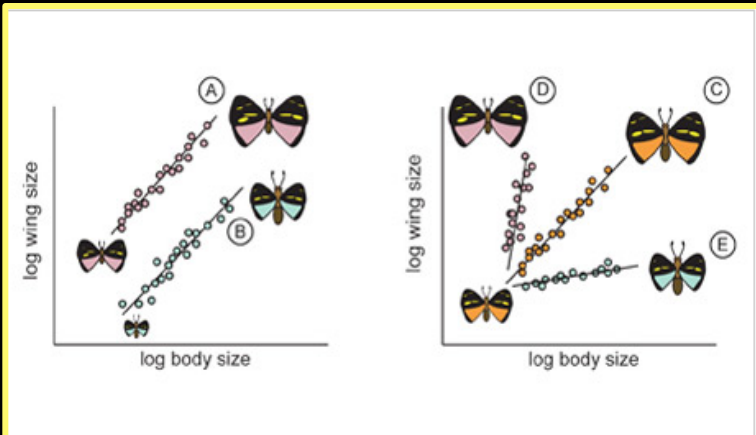


Figure 4: The morphological effects of changing the intercept and slope of a static allometry

Butterflies A through E are hypothetical butterfly species that vary in their wing–body static allometries. Species A and B differ in the intercept but not the slope of the wing–body static allometry. Consequently, species A has proportionally larger wings than species B, across all body sizes. Species C, D, and E differ in the slope of their wing–body static allometries. The static allometry is isometric, hyperallometric and hypoallometric for species C, D, and E respectively. Consequently, in species C the wing becomes proportionally larger in larger individuals, while in species D the wing becomes proportionally smaller in larger individuals. Illustrations show example butterflies for each allometric relationship. The color of each butterfly matches the color of its static allometry.

a e b capturam a relação entre tamanho e forma entre e dentro de espécies (alometria estática)

Tanto a inclinação (**b**) quanto o intercepto (**a**) possuem significado biológico

Intercepto: diferenças no tamanho proporcional da asa da borboleta, independentemente do tamanho do corpo

Inclinação: diferenças em como o tamanho relativo da asa muda com o tamanho do corpo entre espécies.

Alometria fisiológica

Alometria evolutiva em mamíferos

A inclinação da relação entre a taxa metabólica e o tamanho do corpo é igual em marsupiais e Eutheria ($b \sim 0.75$)

Mas o intercepto é menor para marsupiais ($a = 1.68$) do que para placentários ($a = 1.85$)

Interpretação?

Os marsupiais tem menores taxas metabólicas para um mesmo tamanho de corpo

Mesmos princípios biológicos determinam como o metabolismo varia com a massa do corpo nos 2 grupos

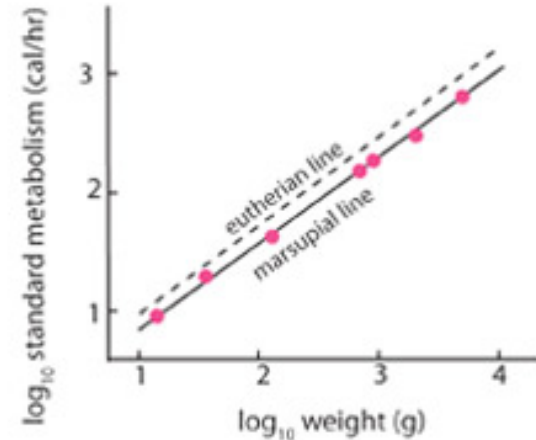


Figure 5: The evolutionary allometry between metabolism and body size in marsupials and eutherian mammals. The allometry has the same slope but a different intercept for marsupial compared to eutherian mammals, indicating a generally lower metabolism in the former. Points in blue are different marsupial species, blue line shows allometry for marsupials, red line shows allometry for eutherians.

Alometria e estratégias em plantas

Root:shoot Sustentação x assimilação

Plantas devem investir no aumento da área fotossintética para manterem a assimilação de biomassa (crescimento)

Mas também tem que alocar uma quantidade crescente de biomassa para sustentação a medida que crescem, não só para sustentar o aparato fotossintético mas também para sobreviver a ventos, força da gravidade, competição com plantas vizinhas para expandir a copa e alcançar mais luz

O balanço entre esses investimentos reflete estratégias adaptativas das plantas e pode ser evidenciado através do estudo de variações dependentes de tamanho (alométricas) nas formas de estruturas de assimilação e sustentação (Niklas 1994)

Alometria e estratégias em plantas

Ambientes florestais

Sustentação (tronco) x assimilação (copa)

- **tamanho, formato e posição de copa** de uma árvore relaciona-se com a quantidade de luz interceptada, enquanto as dimensões do tronco correspondem à sua resistência mecânica frente às forças como o vento e a massa da própria copa (King, 1996)
- Outros fatores importantes: competição (plasticidade), demografia, reprodução e transporte hídrico

Alometria e estratégias em plantas

Modelos alométricos

Diâmetro do tronco x altura total da árvore

- modelos tentam explicar como se combinam as forças em um caule, de modo que este se mantenha de pé e sustente uma copa
- utilizados para comparar grandes taxons, espécies com diferentes alturas máximas atingidas ou espécies de diferentes estádios sucessionais, variação longo da ontogenia dentro e entre espécies

Modelos alométricos – design mecânico de árvores

- Similaridade elástica (McMahon 1973)

$$D \propto H^{3/2} \text{ ou } H \propto D^{2/3}$$

$$b = 1.5$$

- Stress constante (Dean & Long 1986)

$$D \propto H^2 \text{ ou } H \propto D^{1/2}$$

$$b = 2.0$$

- Similaridade geométrica (Norberg 1988)

$$D \propto H \text{ ou } H \propto D$$

$$b = 1.0$$

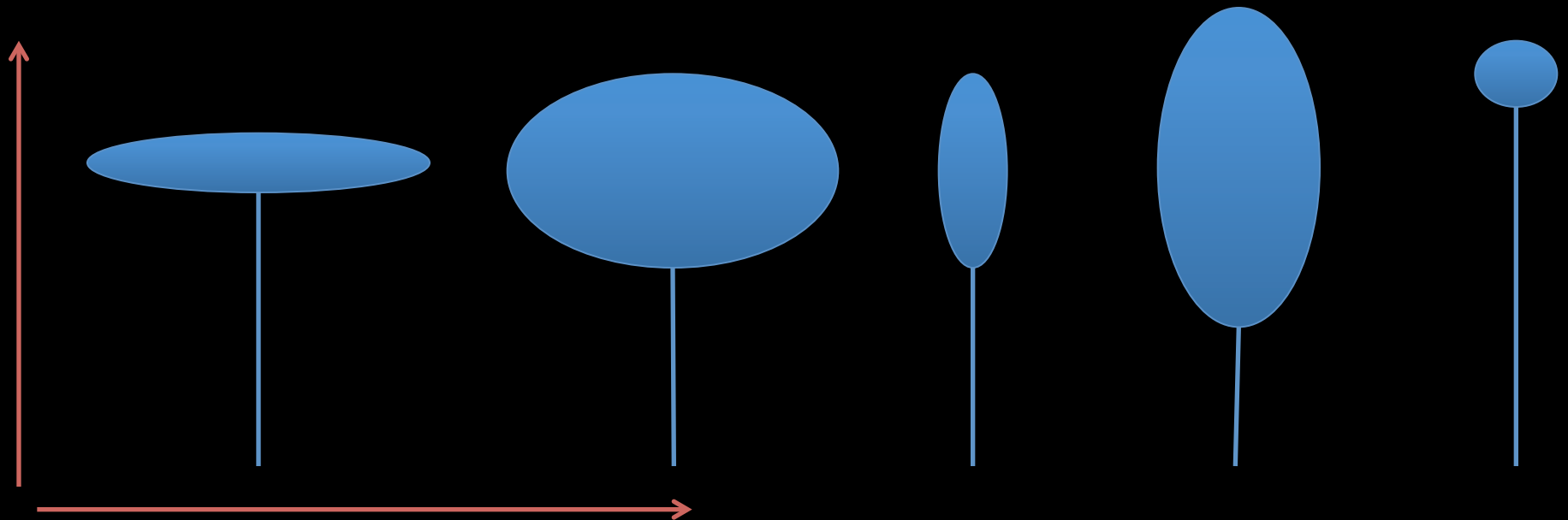
Histórias de vida e alometria

Trade-offs em espécies arbóreas

custos de suportar copas de tamanhos e formas diferentes

Largas x estreitas
Profundas x menos profundas
Área pequena x área grande

Investir em copa x altura x diâmetro
Grupos: Altura máxima atingida, tolerância a sombra



Questão

Como diferenças no padrão de crescimento e alocação de recursos para troncos e copas entre espécies poderiam contribuir para a coexistência de espécies em comunidades florestais ricas em espécies?

Referências para consulta

- King et al. 2006. The contribution of interspecific variation in maximum tree height to tropical and temperate diversity. *Journal of Tropical Ecology* 22:11– 24
- Kohyama et al. 2003. Tree species differentiation in growth, recruitment and allometry in relation to maximum height in a Bornean mixed dipterocarp forest. *Journal of Ecology* 91:797–806
- Poorter et al. 2003. Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups. *Ecology* 87:1289–1301

Literatura recomendada

- Gayon, J. History of the concept of allometry. *American Zoologist* 40, 748-758 (2000).
- Huxley, J. S. & Tessier, G. Terminology of relative growth. *Nature* 137, 780-781 (1936).
- Shingleton, A. (2010) Allometry: The Study of Biological Scaling. *Nature Education Knowledge* 1(9):2
- Niklas, K. J. 1994. Plant allometry: the scaling of form and process
- Rcih et al. 1986. Height and stem diameter relationships for dicotyledonous trees and arborescent palms of Costa Rican tropical wet forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 113: 241-246
- King, D.A. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology* 12: 25-44
- Osunkoya et al. 2007. Comparative height–crown allometry and mechanical design in 22 tree species of Kuala Belalong rainforest, Brunei, Borneo. *American Journal of Botany* 94:1951–1962.
- O’Brien, et al 1995. Diameter, height, crown, and age size relationships in eight neotropical tree species. *Ecology* 76:1927–1939.

Literatura recomendada

- Sposito T.C. and Santos F.A.M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88: 939-949
- Sposito T.C. and Santos F.A.M. 2001. Architectural patterns of eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *Flora* 196: 1-12
- Alves, L.F. & F.A.M. Santos. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic Rain Forest, South-East Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18:245-260
- Portela, R. C. Q. & Santos, F. A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. *Biota Neotropica*, <http://www.biotaneotropica.org>, 3:1-5
- Alves et al. 2004. Allometry of a neotropical palm, *Euterpe edulis* Mart. *Acta Botanica Brasilica* 18: 369–374

Aula Prática

Titulo: Modelos alométricos como preditores das estratégias de alocação de recursos em árvores da borda e do interior de floresta

Local: Reserva Municipal de Sta Genebra

Objetivo: O objetivo desta prática é determinar se as estratégias de alocação de recursos para copa, diâmetro e altura, e altura de bifurcação e altura, diferem entre dois extremos do ambiente sucessional florestal.

- comparar as relações alométricas entre forma e tamanho da copa, altura e diâmetro, e entre altura total e altura da 1ª ramificação principal de árvores localizadas **na borda** e no **interior da floresta**
- tentar inferir **se (e quais** modelos alométricos) são preditores da estratégia de alocação de recursos em árvores ocupando esses dois distintos habitats

Aula Prática

Hipótese: A disponibilidade de luz seria o fator principal influenciando as relações de forma e tamanho. Esperamos encontrar maior incremento em diâmetro e menor previsibilidade no formato e tamanho de copas com a altura dentro da floresta do que em áreas abertas. Em relação a altura de ramificação, esperamos encontrar maior altura de ramificação em áreas abertas

Premissa:

Aula Prática

Variável independente

altura (H, m)

Variáveis dependentes

diâmetro (DAP, cm)

variáveis relacionadas a **forma** e **tamanho** da **copa**:

- **profundidade** (Cd, m)
- **altura da 1ª ramificação** (Hb, m)
- **largura** (Cw)
- **Área** (Ca, m)

Análises: comparar a e b , parâmetros da regressão linear; intervalos de confiança para b

Modelo de planilha final com as variáveis calculadas a partir de medidas de campo