



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-graduação em Diversidade Animal



Apoio:

Instituto de Biologia
Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação
Pró-Reitoria de Extensão

Patrocínio:



Salvador, 6 a 11 de Fevereiro de 2012

ECOFISIOLOGIA

Adaptações a Ambientes Extremos



Programa de Pós-Graduação em Diversidade Animal

Daniela Andrade Ventura
danidani.ventura@gmail.com

Thiago Matos Prado
thiagomatosprado@yahoo.com.br

Salvador, 2012

P R O G R A M A Ç Ã O

- **1 Introdução**
 - 1.1 Fisiologia e Ecofisiologia
 - 1.2 Temas centrais da fisiologia animal
 - 1.3 Ambientes extremos
- **2 Ambientes Aquáticos Hipóxicos**
 - 2.1 Caracterização do ambiente
 - 2.2 Evolução da respiração aérea
 - 2.3 Órgãos de respiração aérea
 - 2.4 Adaptações do sistema circulatório
- **3- Mar Profundo**
 - 3.1 Caracterização do ambiente
 - 3.2 Fontes hidrotermais e adaptações em diferentes grupos
 - 3.3 Outros ambientes e adaptações
- **4- Mangue e Estuário**
 - 4.1 Caracterização do ambiente
 - 4.2 Adaptações em diferentes grupos
- **5- Ambientes de Frio Extremo**
 - 5.1 Caracterização do ambiente
 - 5.2 Estratégias comportamentais
 - 5.3 Adaptações em diferentes grupos
- **6- Ambientes de Altitude Elevada**
 - 6.1 Caracterização do ambiente
 - 6.2 Adaptações
- **7- Ambientes Desérticos**
 - 7.1 Caracterização do ambiente
 - 7.2 Estratégias comportamentais
 - 7.3 Adaptações em diferentes grupos.



Mangue

Daniela Ventura e Thiago Prado





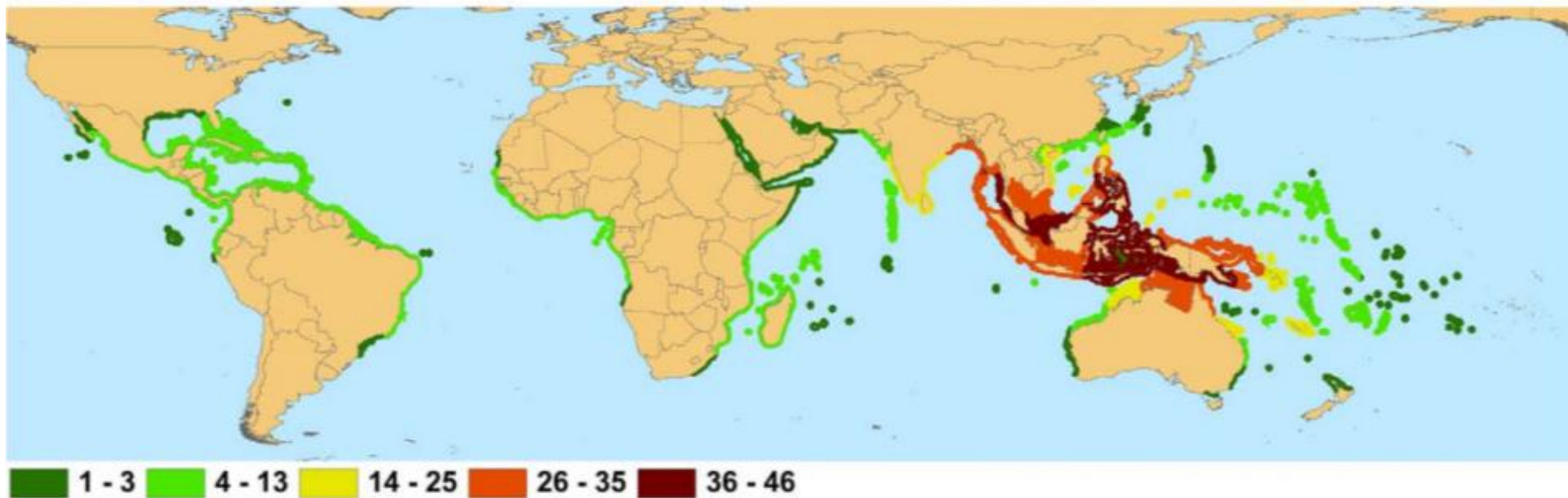
O que é manguezal?

Formações vegetais intertidais características de zonas costeiras abrigadas das regiões tropicais e subtropicais

Conjunto de espécies agrupadas devido às adaptações morfológicas, fisiológicas e reprodutivas



Onde estão os manguezais?



Tropicais e subtropicais

Diversidade



Outras características ambientais

Substratos:

Lama
Areia
Cascalho
Corais

**Alta
produtividade**

**Renovação da água intersticial
(eliminação de toxinas)**

**Disponibilidade
de nutrientes**





Os Desafios

- Ação das marés
 - Água salgada (eliminação de plantas e animais dulcícolas)
 - Flutuações periódicas nas condições físico-químicas (estresse)
- Hipóxia
- Altas temperaturas



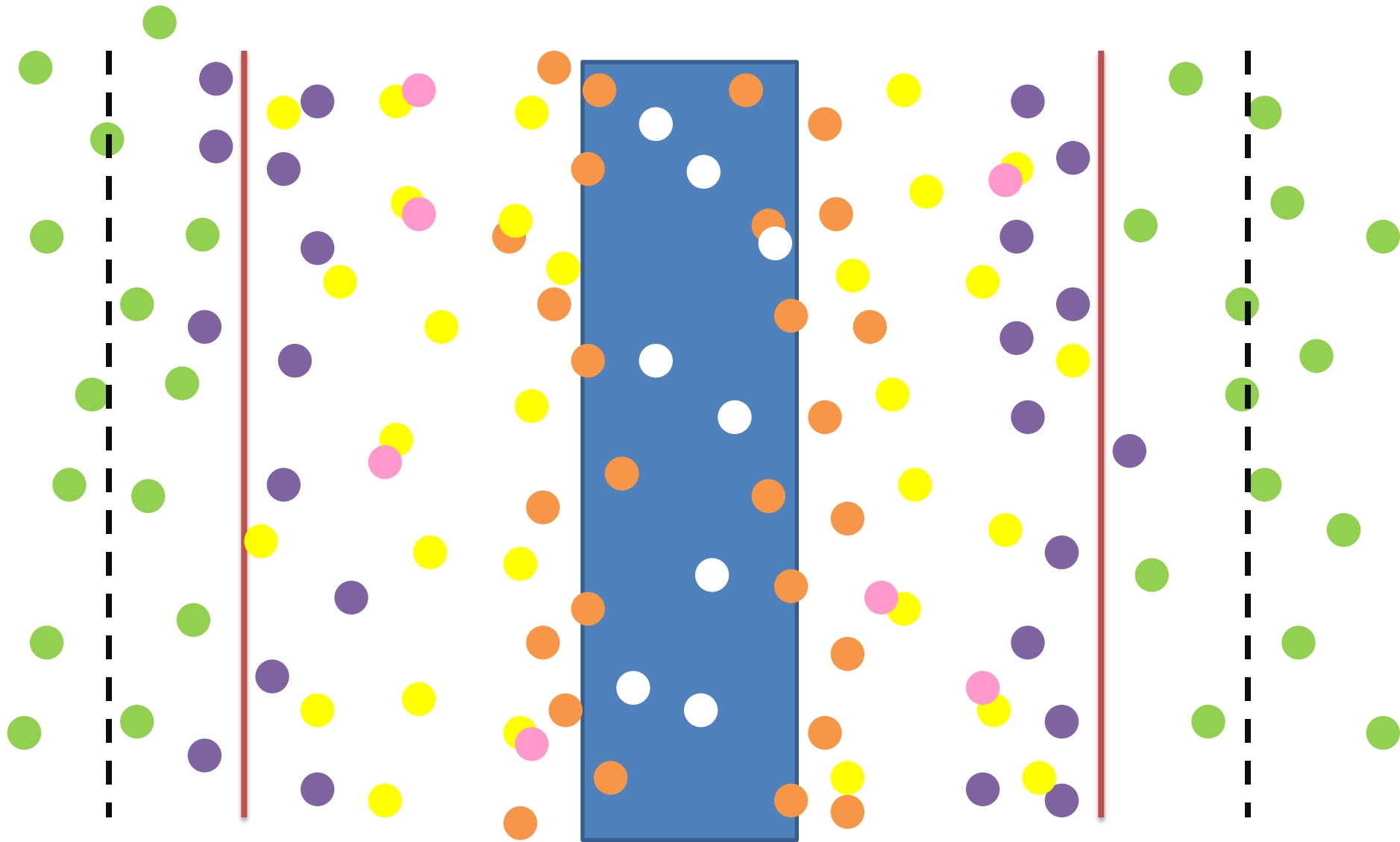


Adaptações

- Morfológicas, fisiológicas e comportamentais

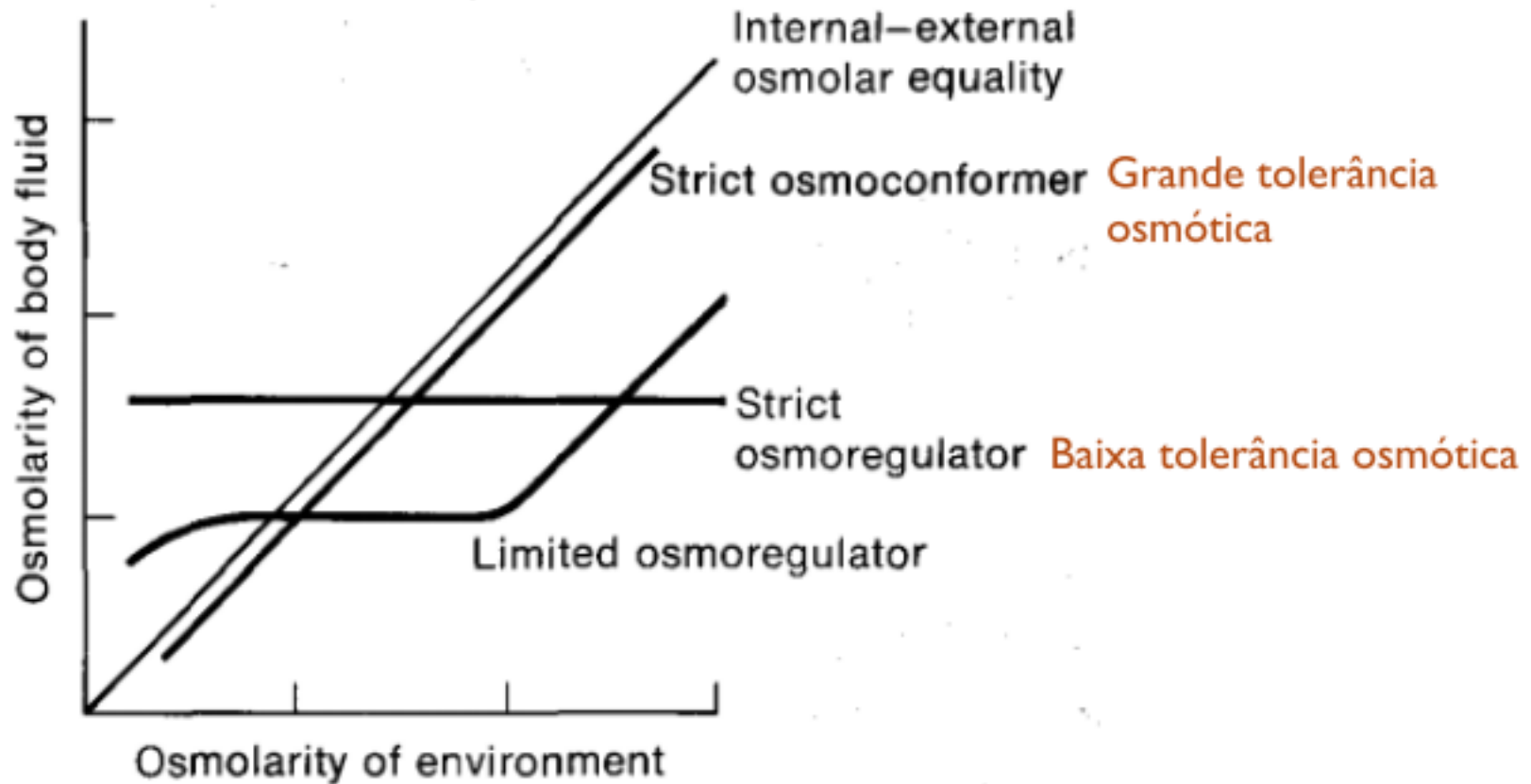
Zoneamento

- Espaço entre-marés, altitude, substrato.





Osmoconformadores x Osmoreguladores





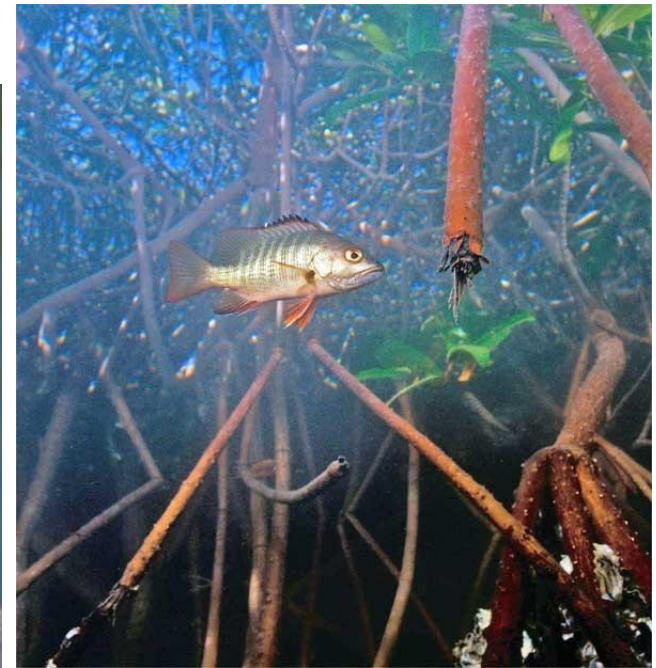
Osmorregulação

- Homeostase iônica e osmótica
- Manter o interior controlado → proteger os tecidos internos das grandes variações ambientais
- Fatores determinantes do fluxo de substâncias
 - Gradiente de concentração, área superficial e espessura da membrana envolvida, permeabilidade da membrana.



A Fauna

- Residentes do mangue?
 - Abrigo
 - Busca de alimento
 - Substrato para fixar-se





Invertebrados terrestres

- Alta riqueza e abundância
- Dieta variada
- Zoneamento: dossel
- Funções ecológicas



Pardosa



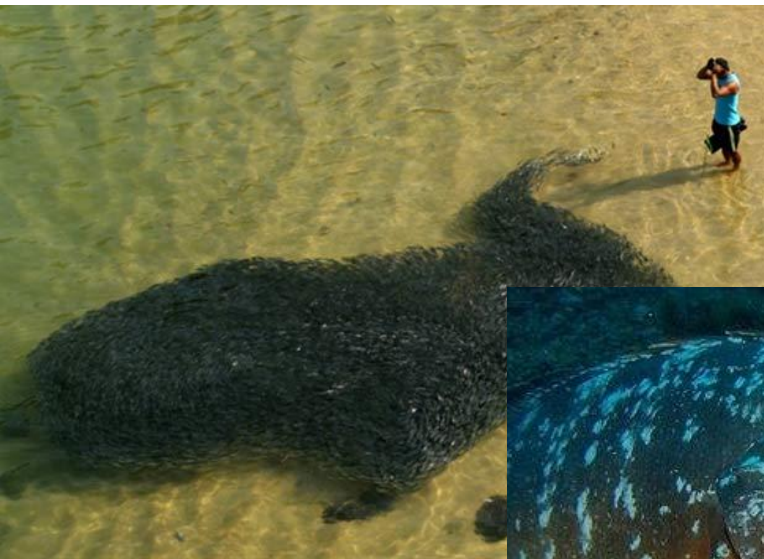
Atta sp.

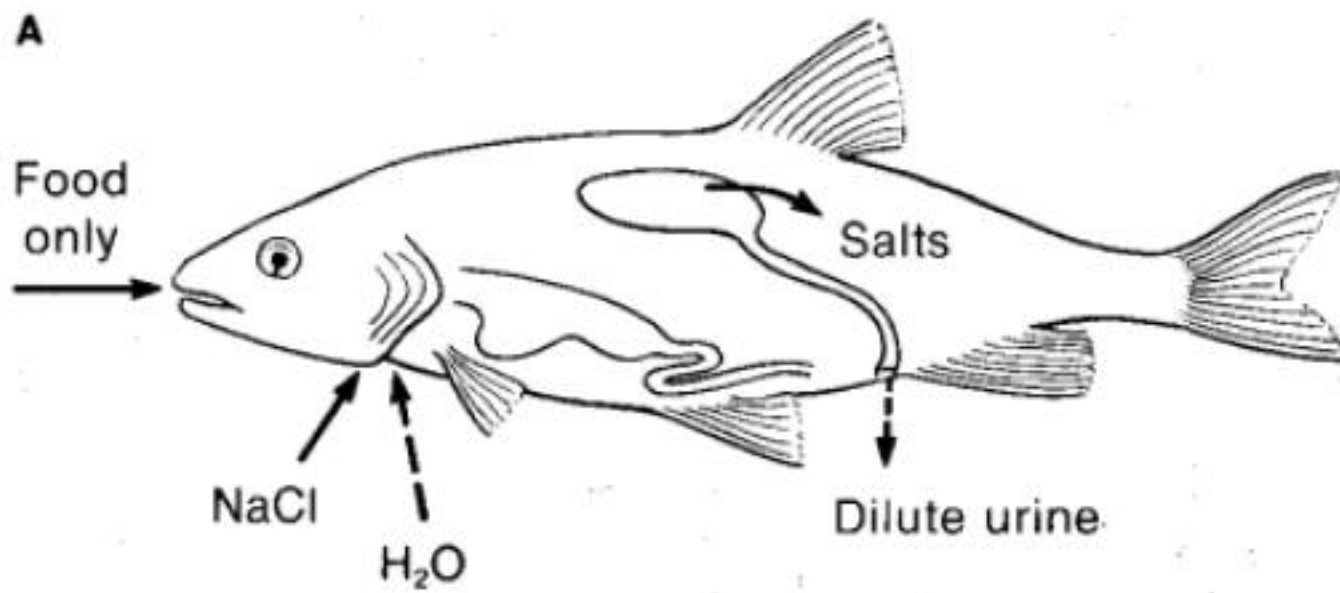




“Peixes”

- Usam o mangue para buscar alimento
- Parte do ciclo de vida de muitas espécies marinhas



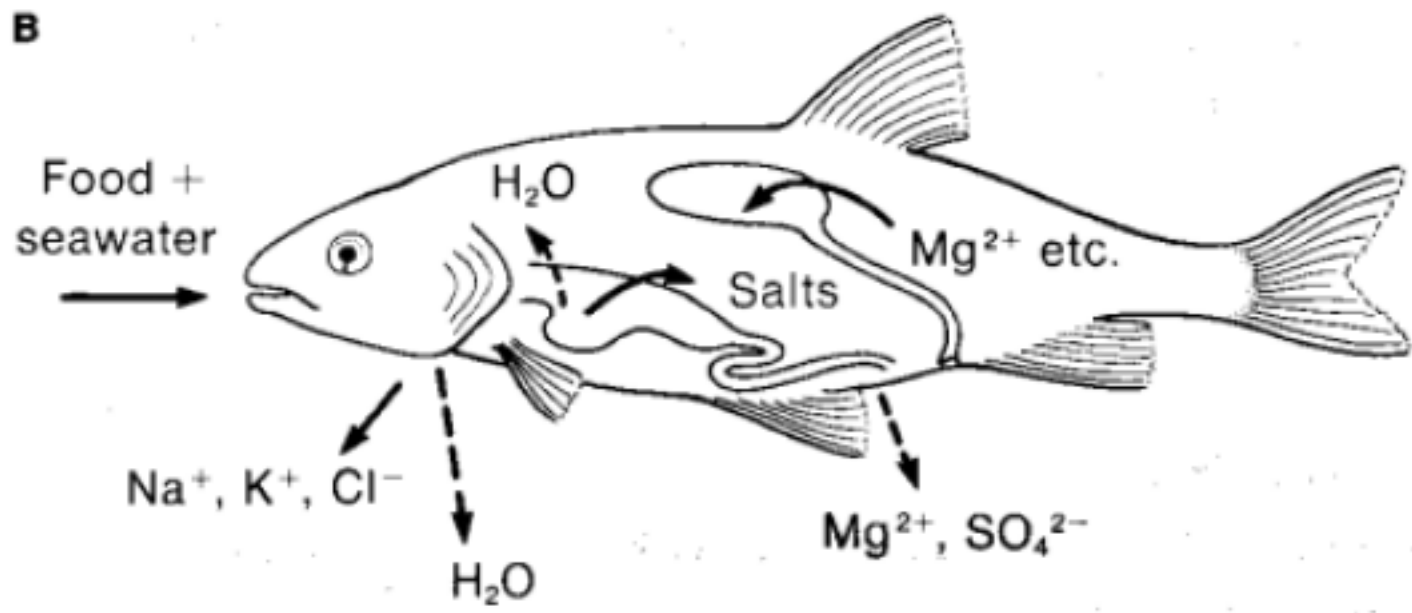


Freshwater teleost

Produção de urina hiposmótica, a partir da qual sais são reabsorvidos.



B



Marine teleost

Produção de urina hiperosmótica, ingestão de água. Excesso de sal eliminado pela brânquias e glândula de sal.



“Peixes”



Periophthalmus sp.



2

Toxotes jaculatrix

Habitat: Estuários,
Ásia e Oceania



Anfíbios

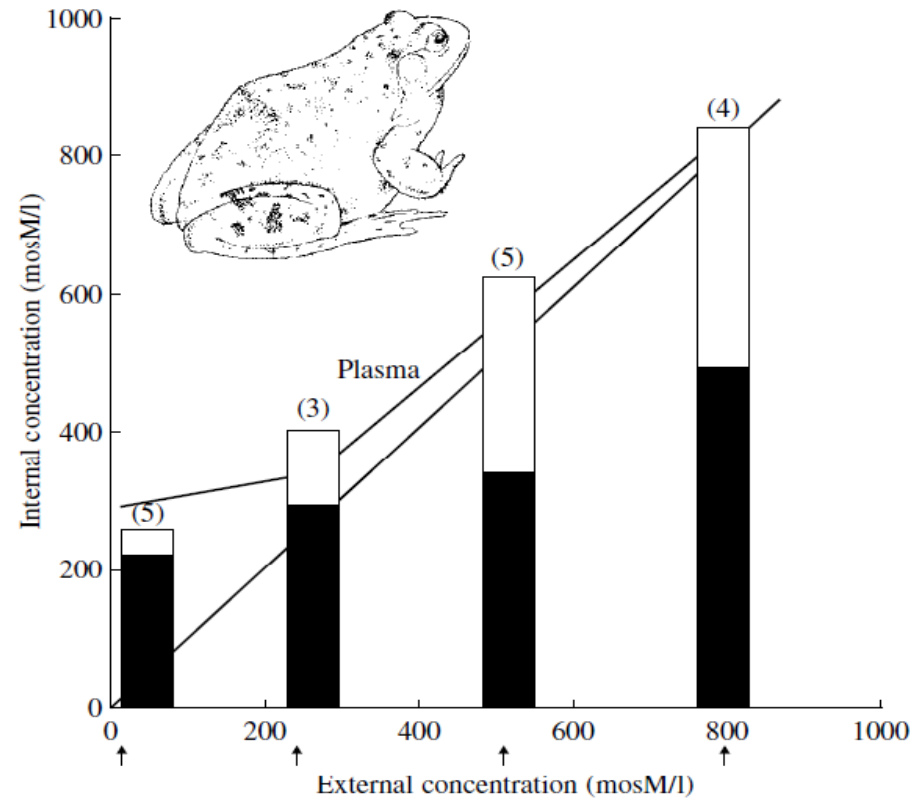
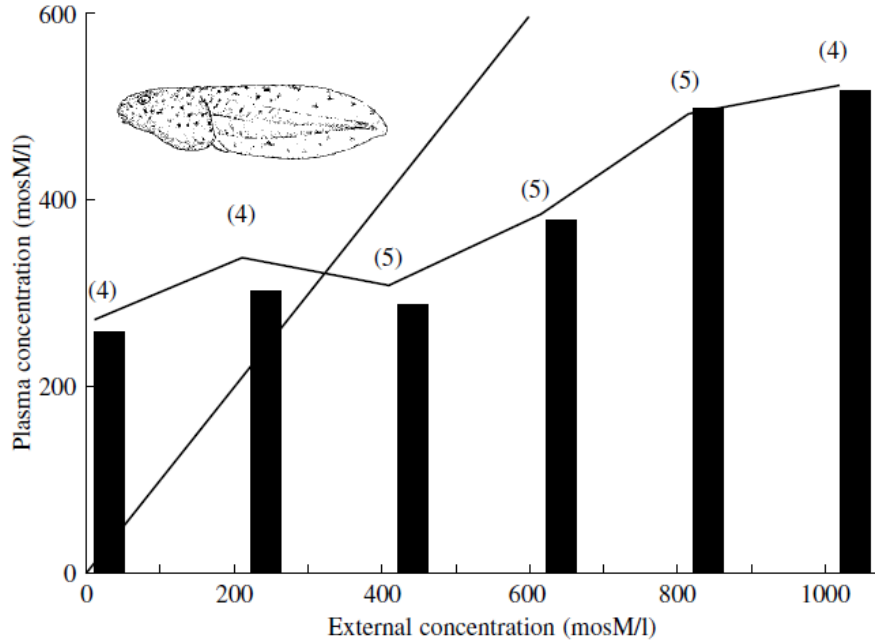
- Raros
- Tocas da caranguejo
- Jovens são herbívoros e os adultos carnívoros;



Rana cancrivora



R. cancrivora



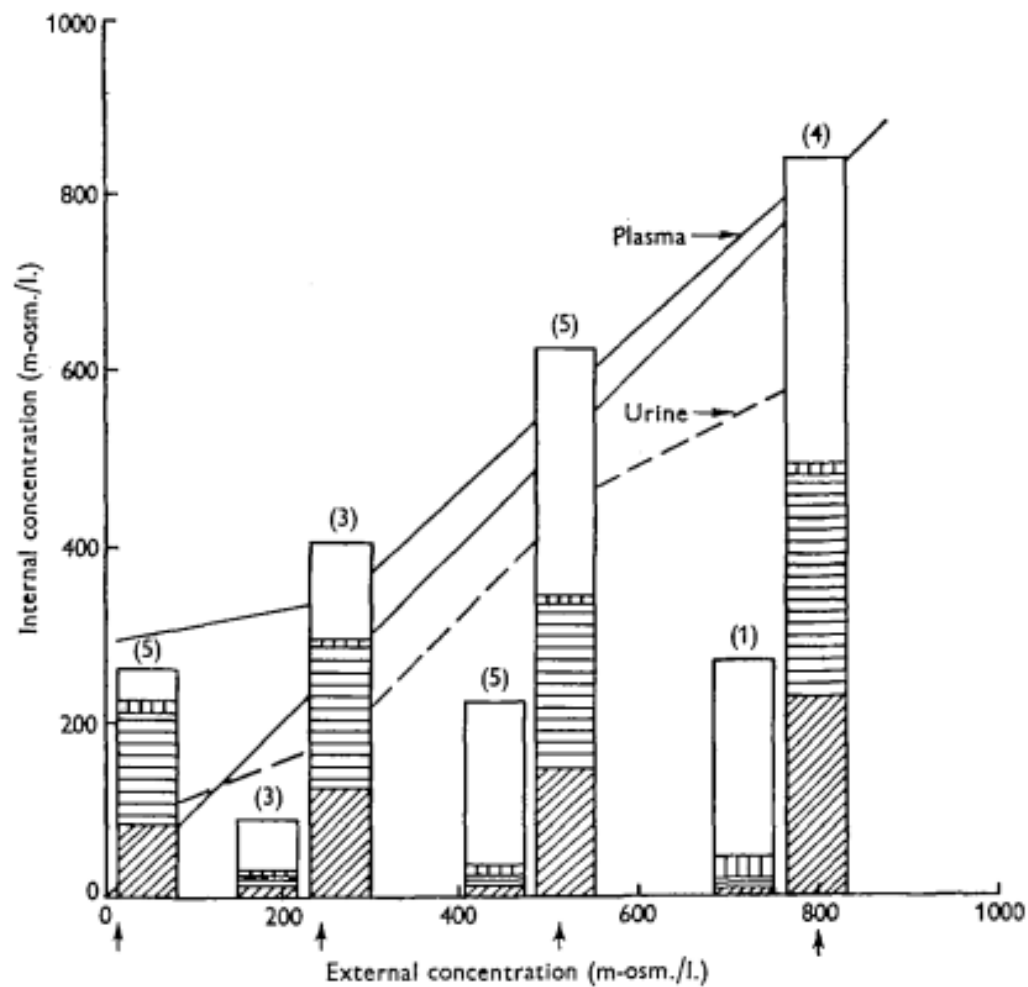


Fig. 5. Plasma and urine osmotic concentration, Cl, Na, K and urea in variously acclimatized *R. cancrivora*. All samples taken after at least 48 hr. acclimatization to each environment. Upper solid line (—) plasma osmotic concentration, middle line, line of equality between internal and external concentrations, lower dashed line (---) urine osmotic concentration. Right-hand bar in each pair plasma concentrations, left-hand bar urine concentrations. Four groups are frogs in fresh water and 25, 50 and 80% l.s.w. Arrows along abscissa mark actual acclimatization concentrations. \square = Cl⁻, ▨ = Na⁺, ▩ = K⁺, \square = urea.

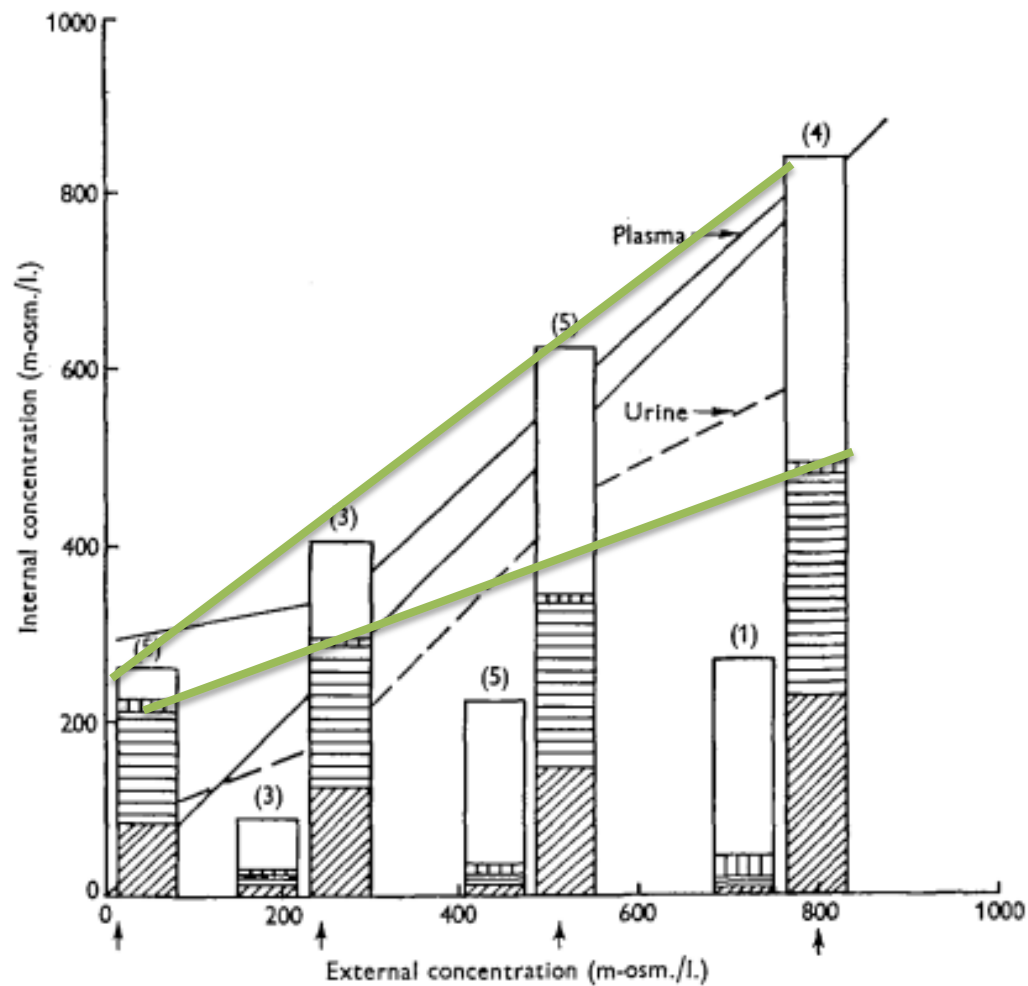


Fig. 5. Plasma and urine osmotic concentration, Cl, Na, K and urea in variously acclimatized *R. cancrivora*. All samples taken after at least 48 hr. acclimatization to each environment. Upper solid line (—) plasma osmotic concentration, middle line, line of equality between internal and external concentrations, lower dashed line (---) urine osmotic concentration. Right-hand bar in each pair plasma concentrations, left-hand bar urine concentrations. Four groups are frogs in fresh water and 25, 50 and 80% l.s.w. Arrows along abscissa mark actual acclimatization concentrations. \square = Cl⁻, \square = Na⁺, \square = K⁺, \square = urea.

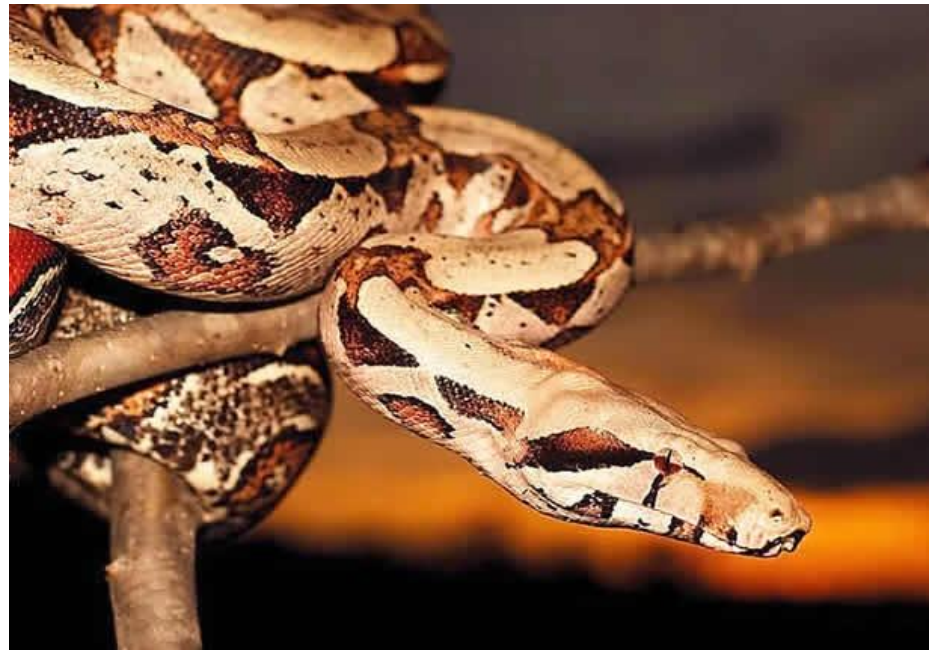


“Répteis”

- Mais abundantes
- Pele queratinizada
- Excretam urina com alta concentração de sal
- Eliminam através de glândulas especializadas em liberação do sal



Crocodylus porosus



Boa constrictor



Aves

- Espécies migratórias
- Adaptações relacionadas à dieta
- Glândulas de sal





Mamíferos

- Visitantes ocasionais



Nasalis larvatus

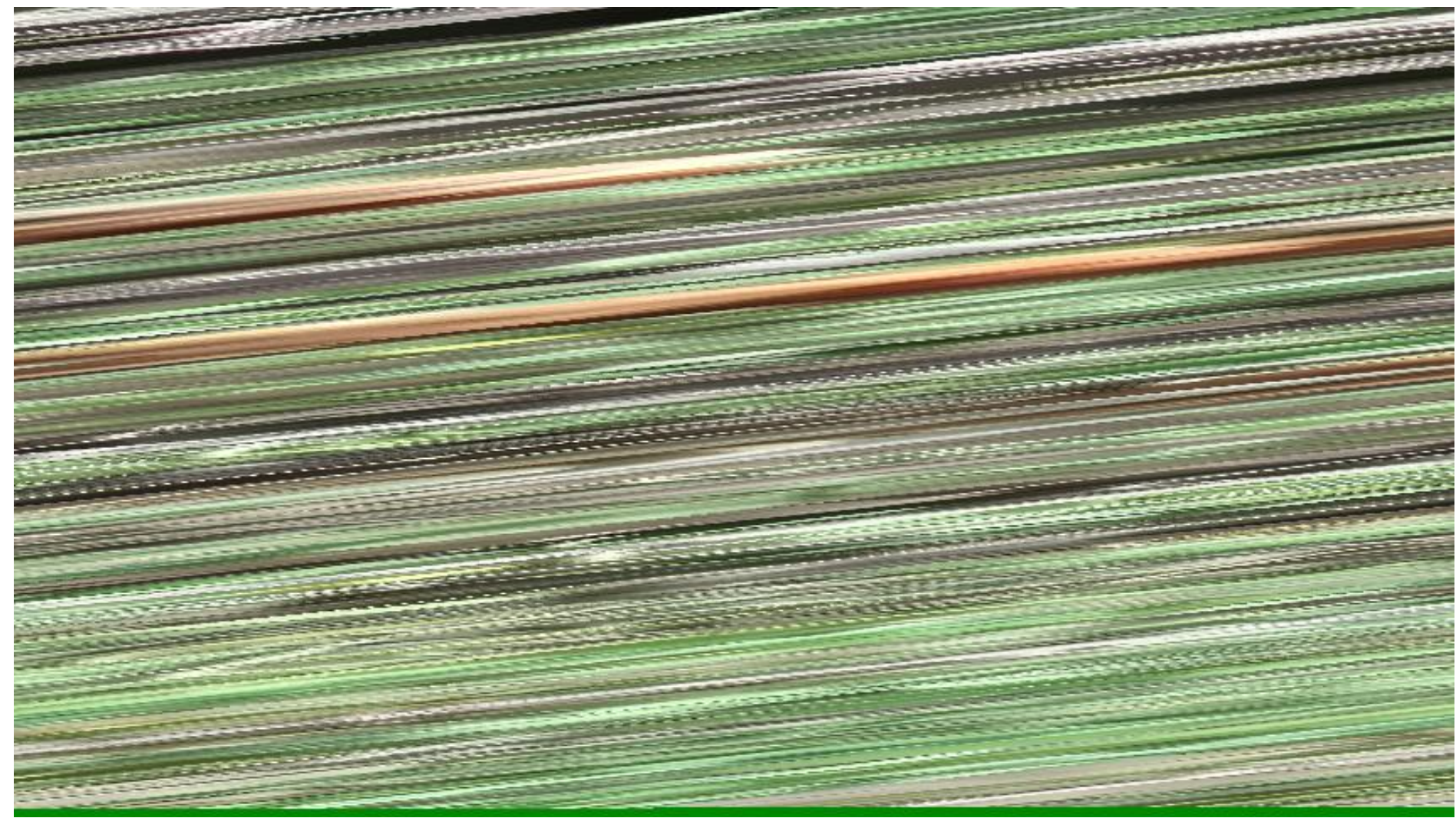


Tamandua tetradactyla



Procyon cancrivorus





Nasalis larvatus



Invertebrados aquáticos

- Pneumatóforos e raízes expandem a área de superfície disponível, e fornecer um substrato duro
- A distribuição destes muitas vezes mostra um padrão de zoneamento como a de outros sistemas substrato duro de fundo margens;





Resistência à dessecação e salinidade em invertebrados aquáticos



Cirripédios (cracas) que podem cessar o batimento dos cirros, através dos quais fazem circular água para respiração e alimentação



Bivalves podem reduzir o contato com o meio através do fechamento das valvas



Nereis diversicolor : presença de íons de cálcio mantém uma impermeabilização

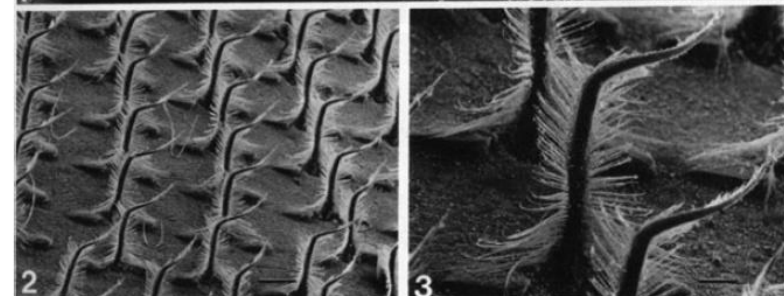


Resistência à hipóxia em Invertebrados aquáticos

- Uca pode sobreviver a condições anóxicas em um período de até 40h;
- Sifões bem desenvolvidos em moluscos que vivem na lama

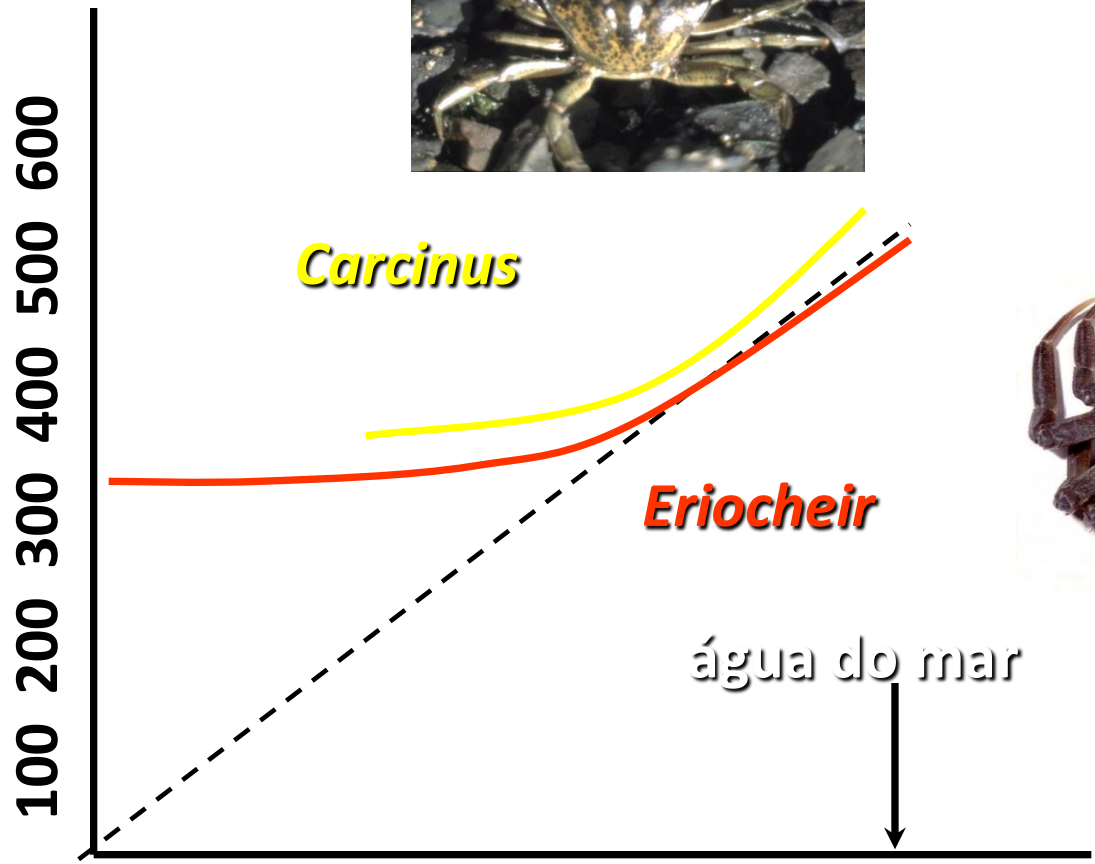


Acumulação de lactato.





Concentração do fluido corpóreo (mmol/l)



Carcinus

Eriocheir

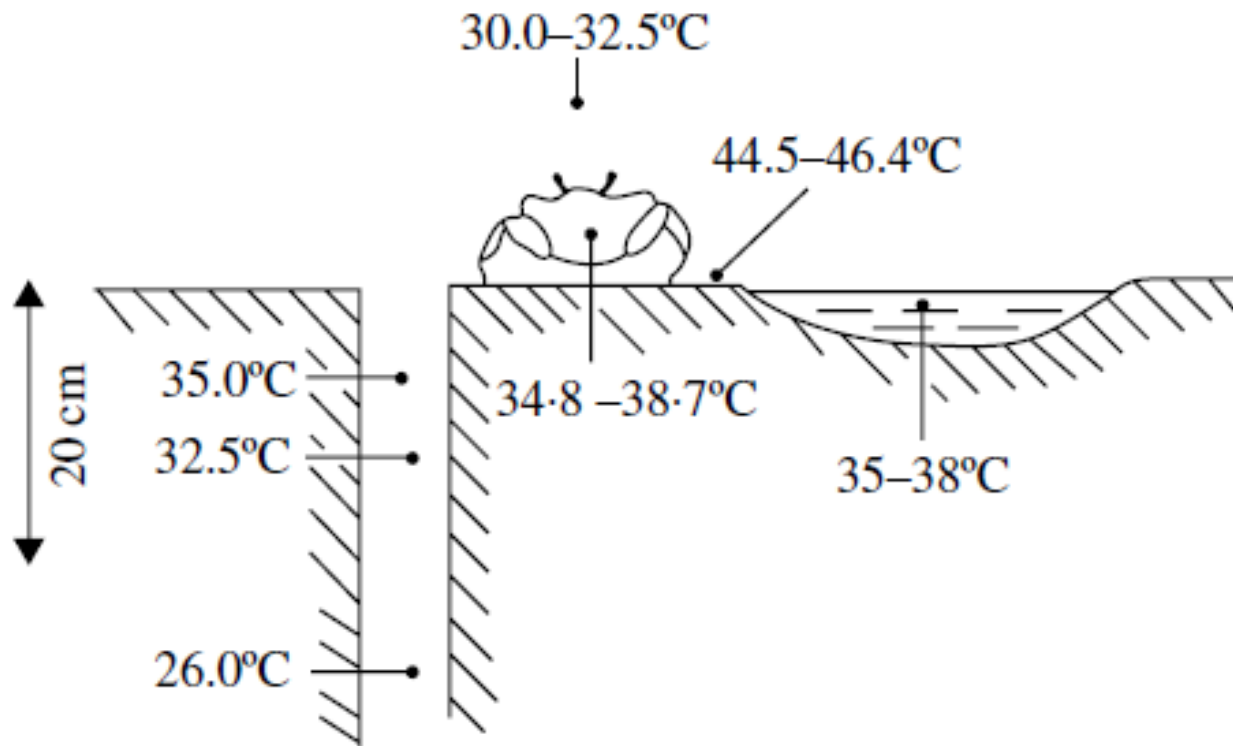
água do mar



100 200 300 400 500 600
Concentração do meio (mmol/l)

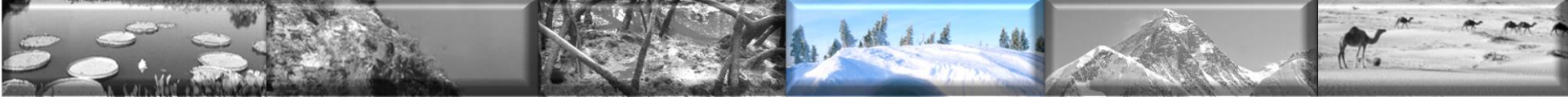


Lidando com a temperatura



Tocas e comportamento





Ambientes de Frio Extremo

Daniela Ventura e Thiago Prado



Ambientes de frio extremo

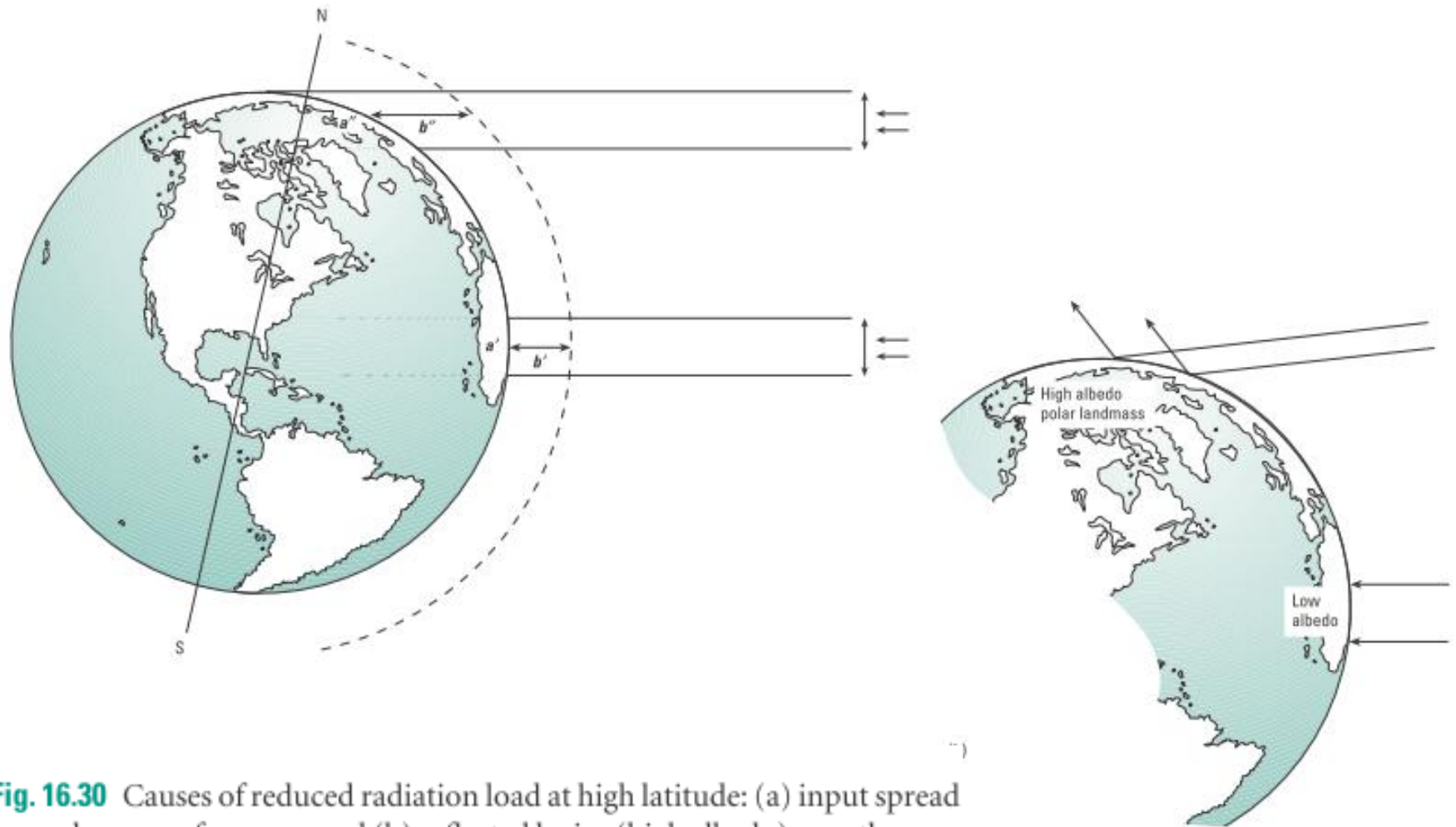
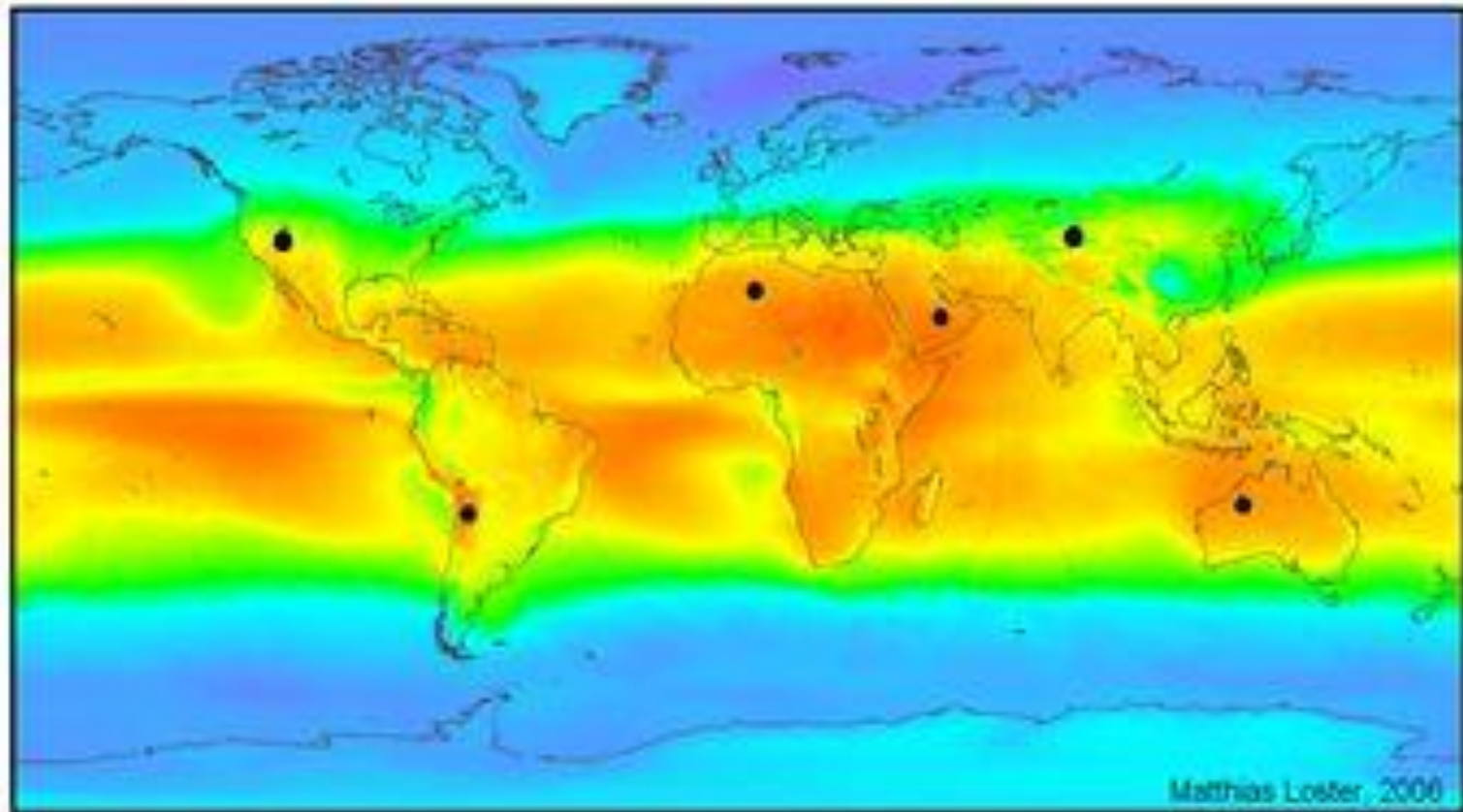


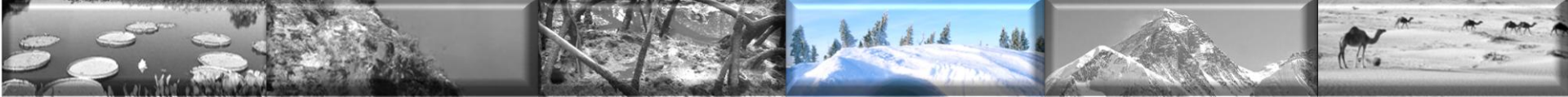
Fig. 16.30 Causes of reduced radiation load at high latitude: (a) input spread over a larger surface area, and (b) reflected by ice (high albedo) over the seas or land masses.



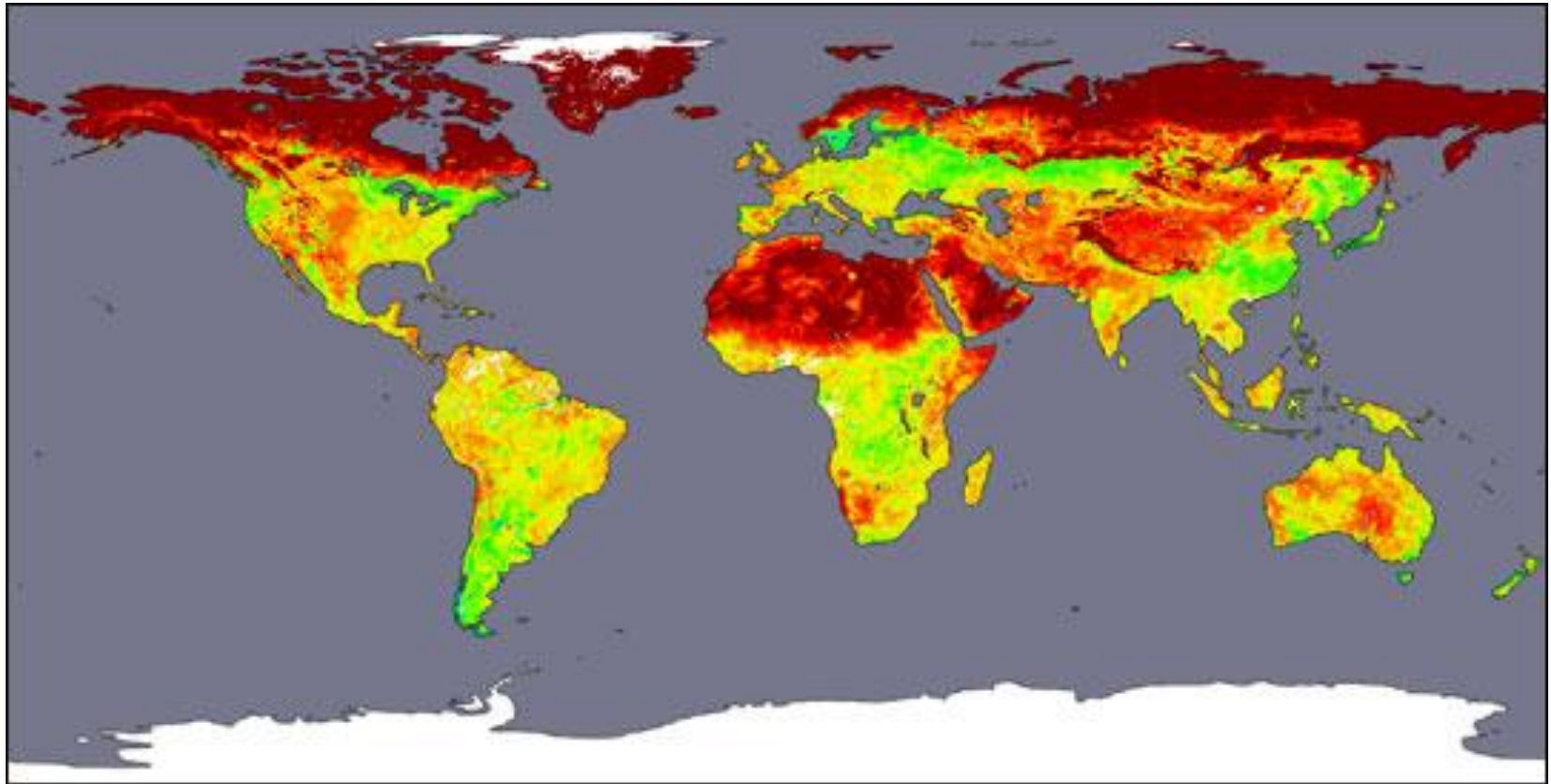
Ambientes de frio extremo

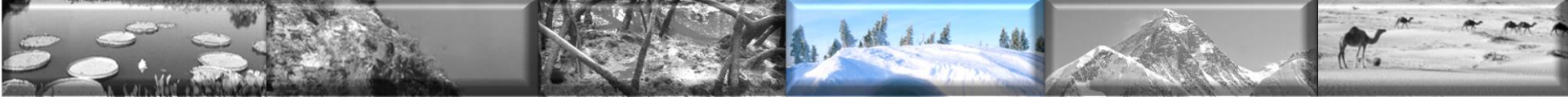


$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

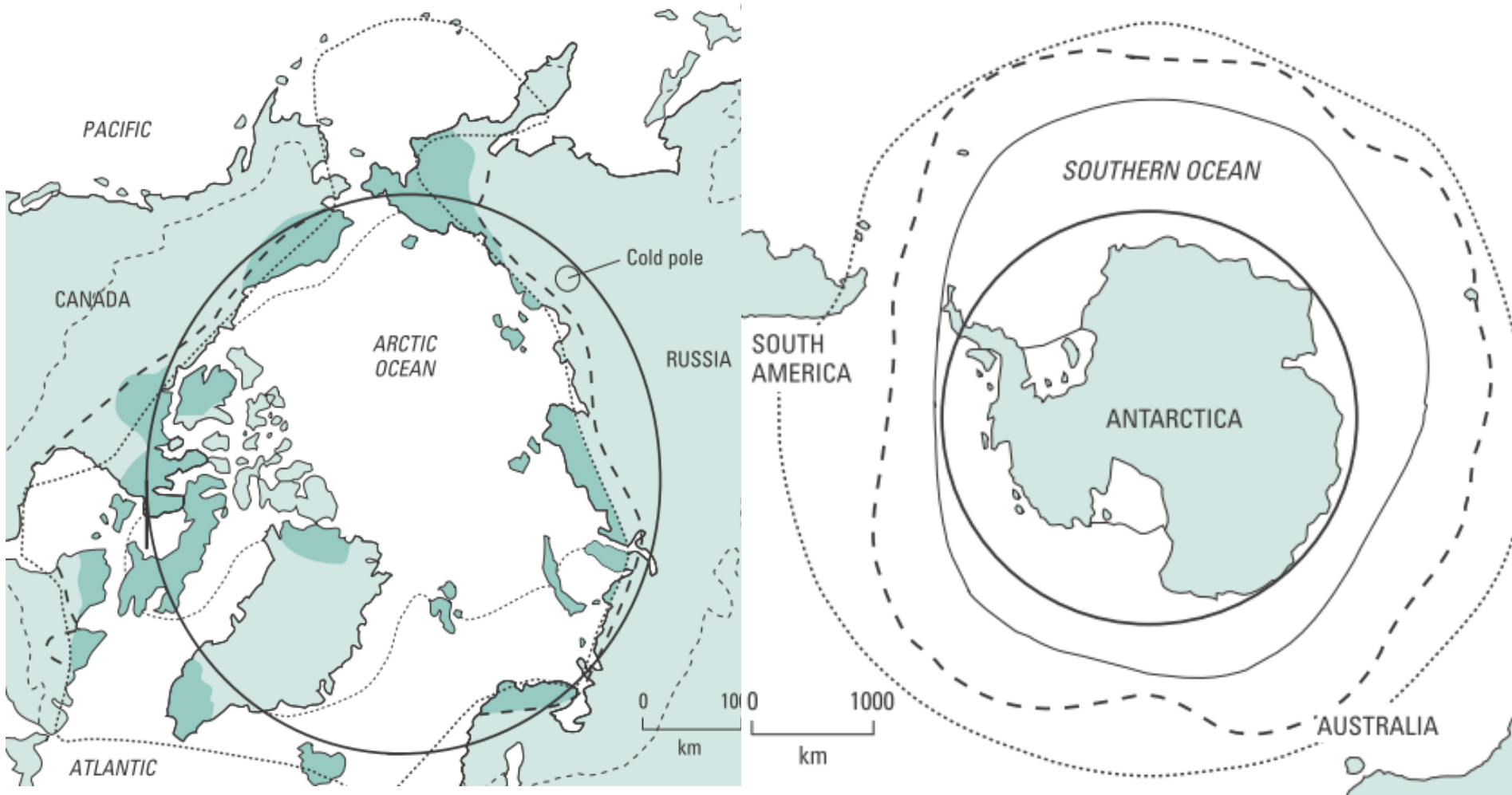


Ambientes de frio extremo





Zonas polares



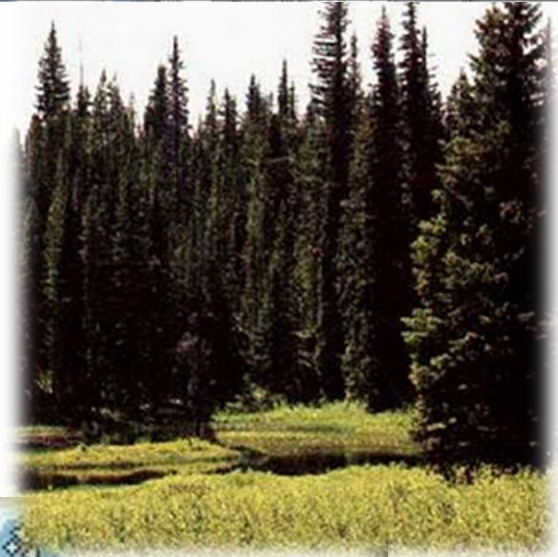


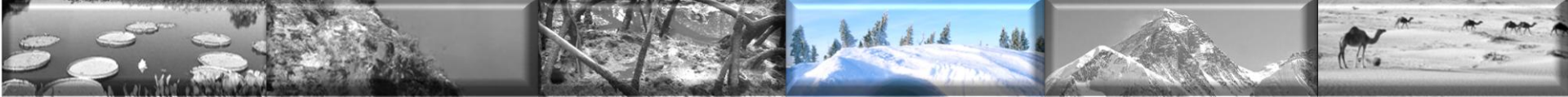
Tundra





Taiga





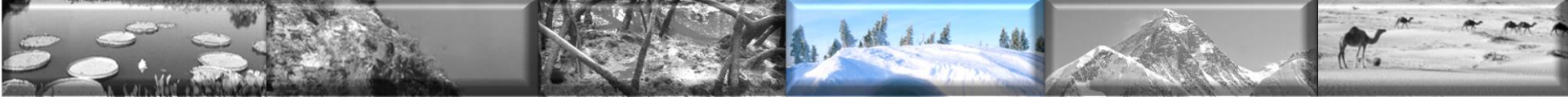
Ambientes de frio extremo

- E quais são os desafios?

Disponibilidade
de água líquida

Disponibilidade
de alimento

**Baixa
temperatura**



Migração

- Frequente em endotérmicos

- Ambientes térmicos uniformes



- Forrageamento não rentável



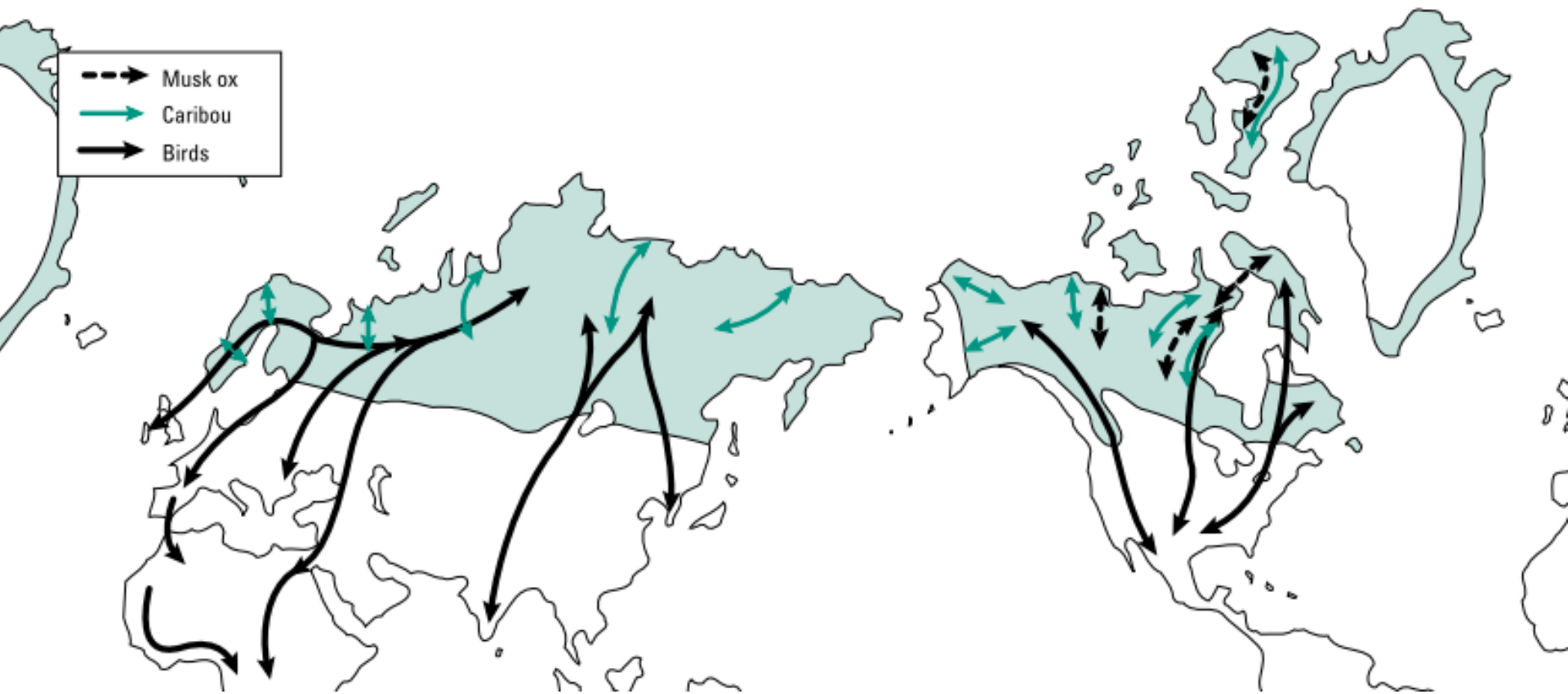
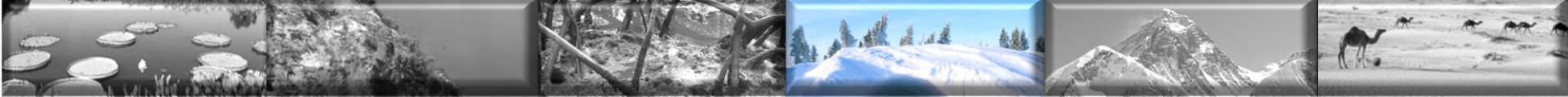


Fig. 16.39 Migration patterns in tundra animals.



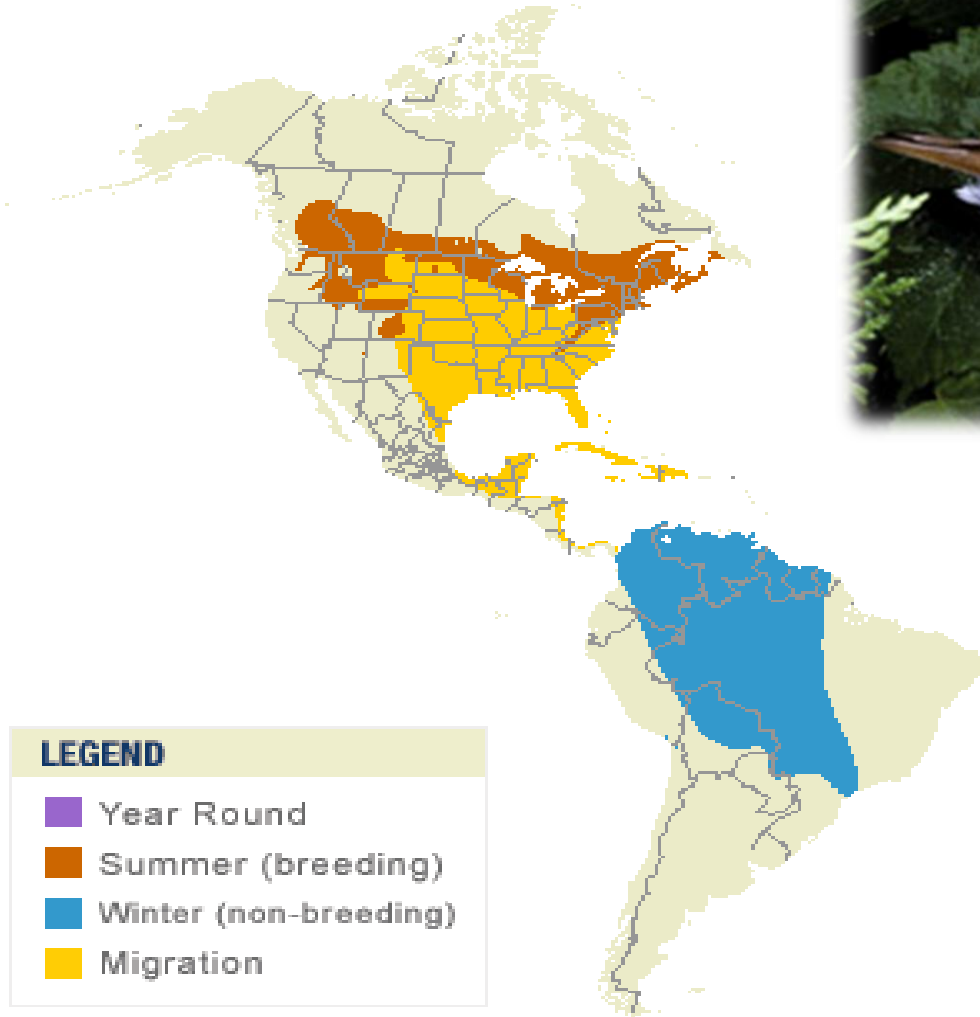
Migração

- Elevadas latitudes
 - Fotoperíodo
 - Estímulo dos órgãos reprodutores
 - Acúmulo de gordura
- Regiões temperadas
 - Precipitação



Migração

Veery
Catharus fuscescens



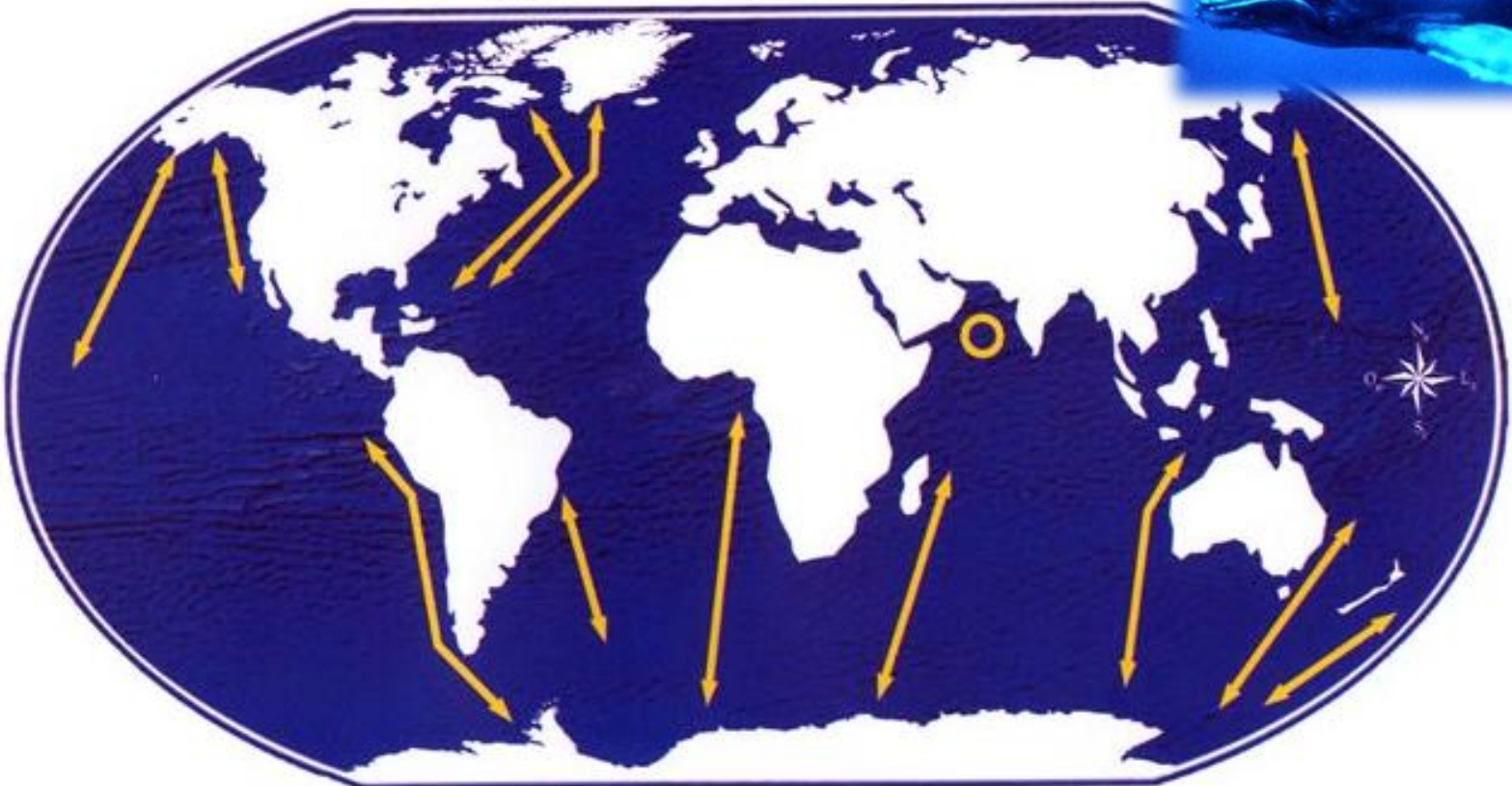
Map by Cornell Lab of Ornithology
Range data by NatureServe



Migração



DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DAS BALEIAS-JUBARTE
WORLDWIDE DISTRIBUTION OF HUMPBACK WHALES



Rotas migratórias entre as áreas de alimentação e reprodução das distintas populações de baleias-jubarte.



Formação de Micro-habitats

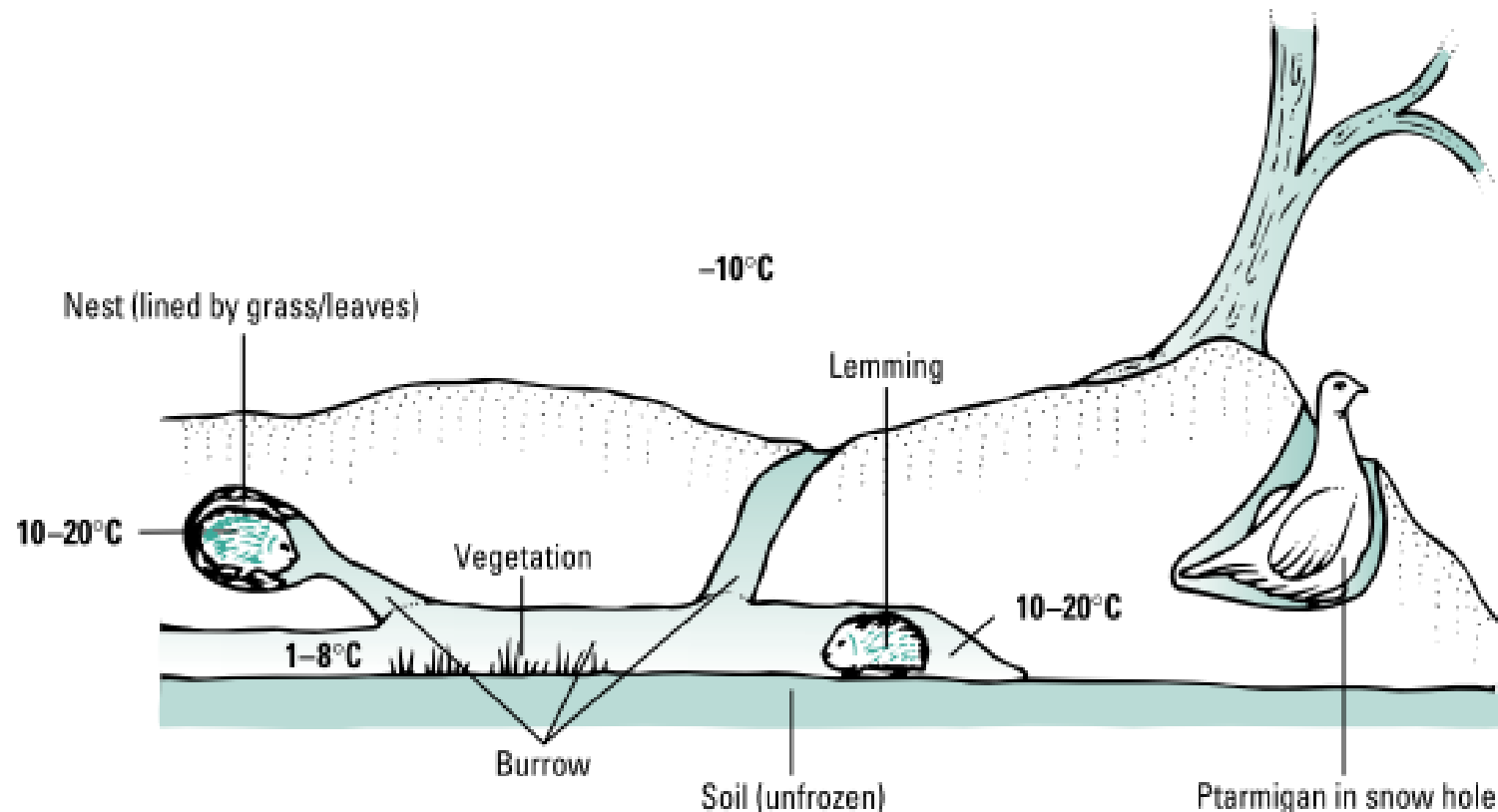


Fig. 16.33 Microclimate within snow—the subnivean habitat. (Adapted from Davenport 1992.)

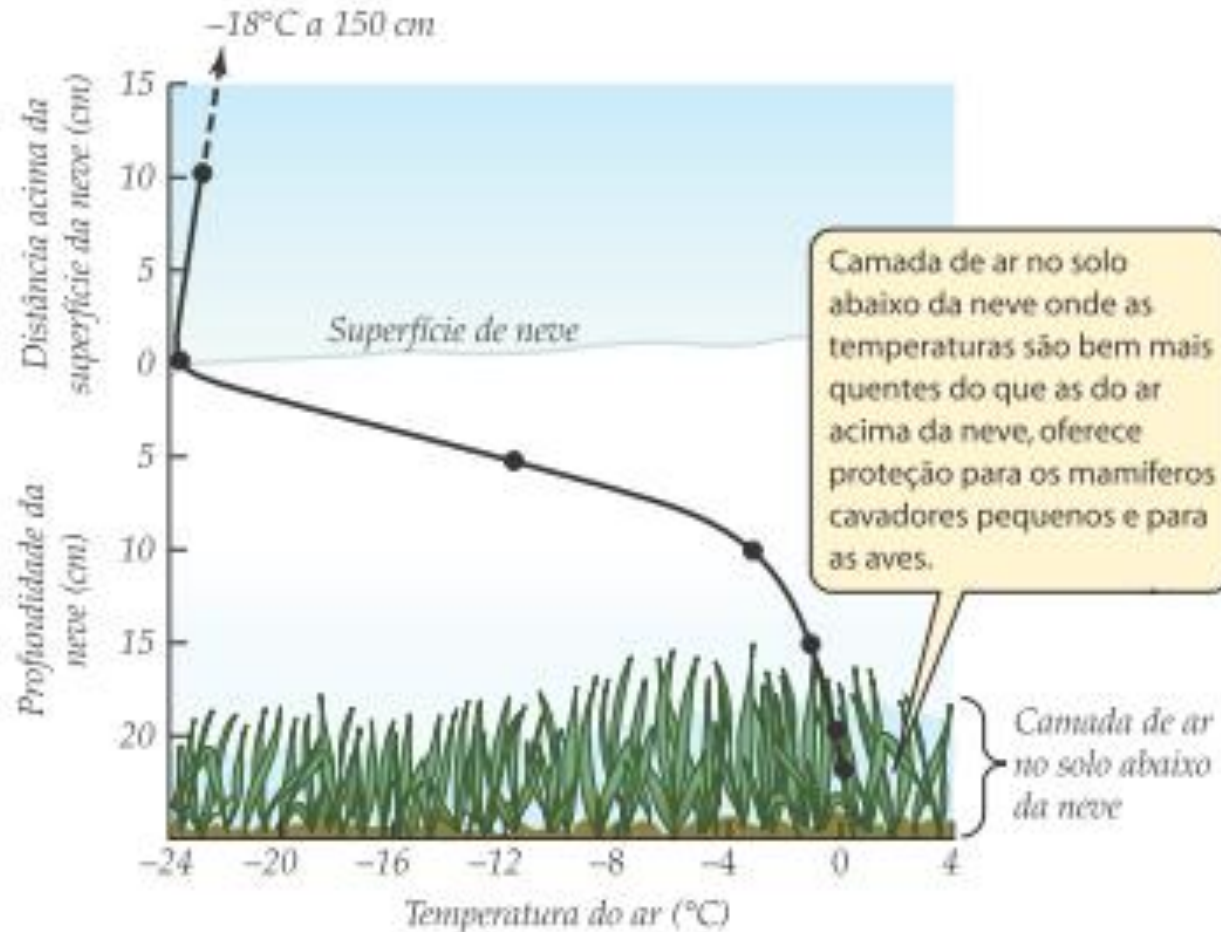


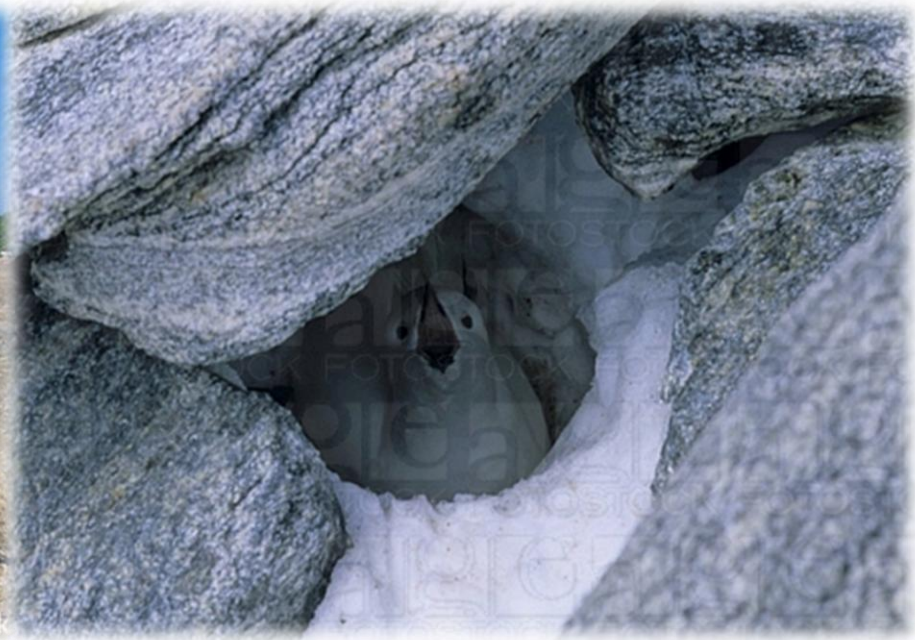
Figura 1.16 Microambientes na neve profunda no extremo norte Um espaço de ar – chamado de camada de ar no solo abaixo da neve – é frequentemente aprisionado embaixo da neve profunda. Quando lêmingues, ptármigas ou outros mamíferos pequenos ou aves cavam sob a neve até o espaço de ar no solo abaixo da neve, eles entram em um ambiente sem vento, onde a temperatura pode ser 20°C mais quente do que no ar acima da neve e onde são protegidos contra a perda de calor para o céu frio noturno pela camada de neve. As temperaturas mostradas foram medidas em uma noite de março na Suécia. (Adaptada de Coulianos e Johnels, 1963.)



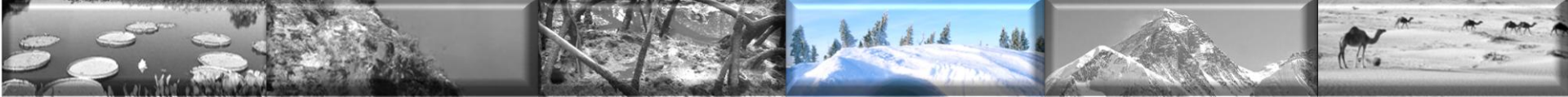
ARKive
www.arkive.org



© Martin Harvey / www.nhpa.co.uk



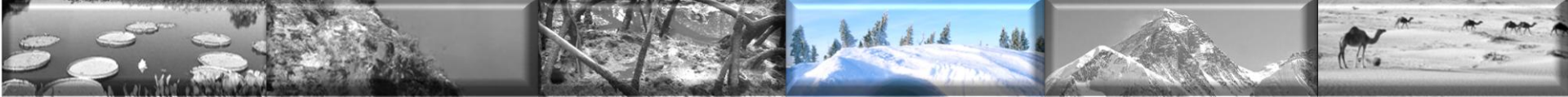
© 2013 ARKIVE Trust. Photos: www.arkive.com



Hábito Gregário

- Aumento da eficácia:
 - Diferença entre temperatura do ar e temperatura corporal
 - Número de indivíduos participantes

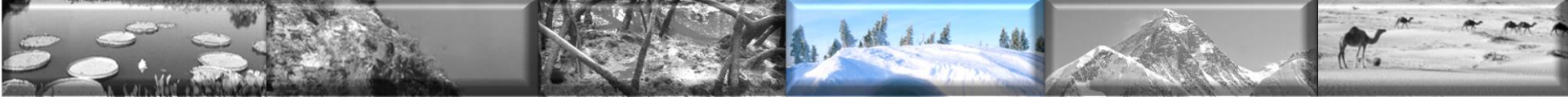




Hábito Gregário

- Pinguim-imperador
 - Redução da perda de peso
 - Redução da perda de calor

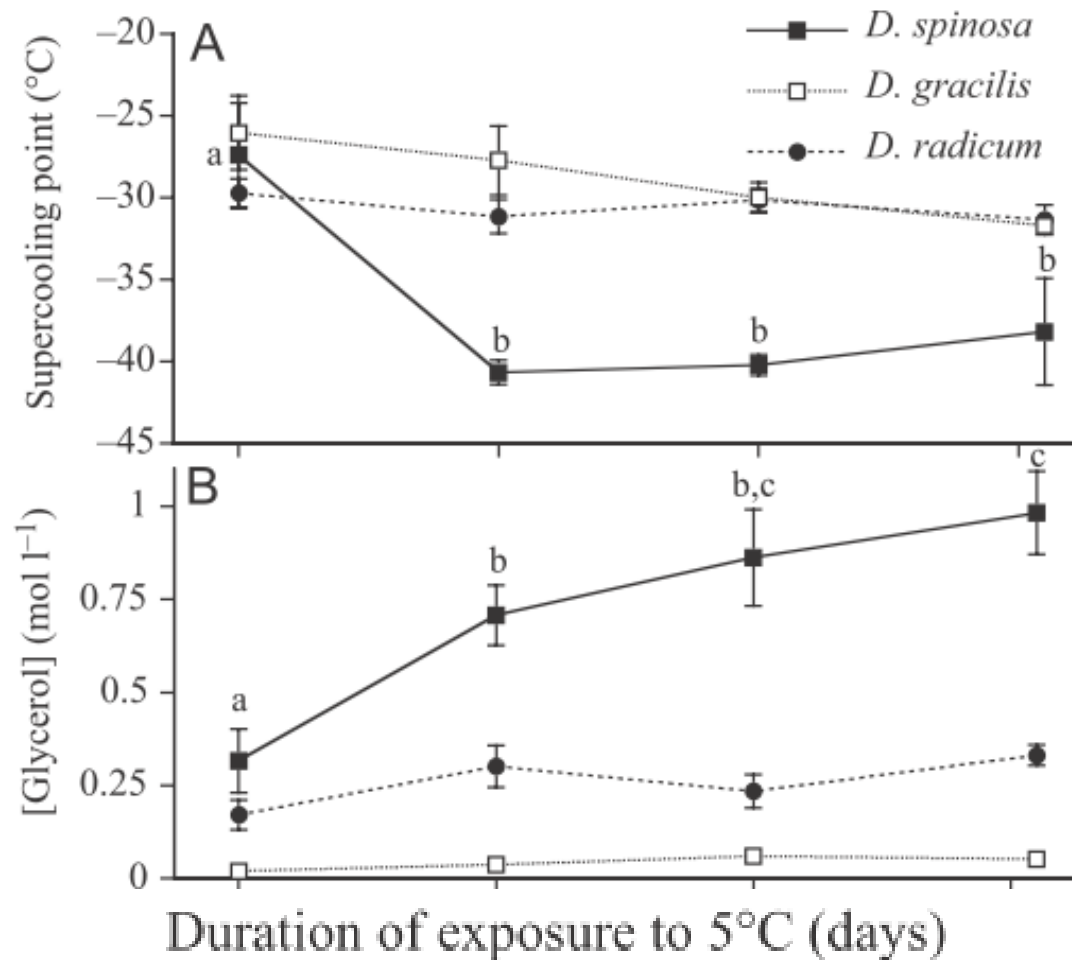




Substâncias Anticongelantes

– Adição de solutos extras ao sangue

- Açúcar
- Sal
- **Glicerol**





REVIEW ARTICLE

'Antifreeze' glycoproteins from polar fish

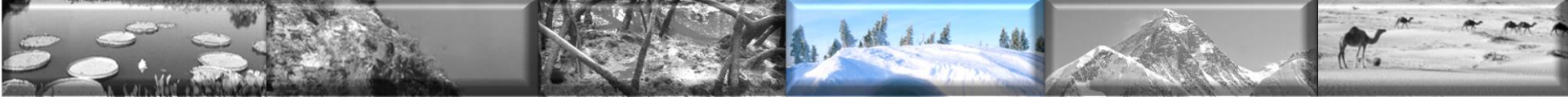
Margaret M. Harding¹, Pia I. Anderberg¹ and A. D. J. Haymet²

- Glicoproteínas anticongelantes (AFGPs)
- Peixes antárticos e árticos

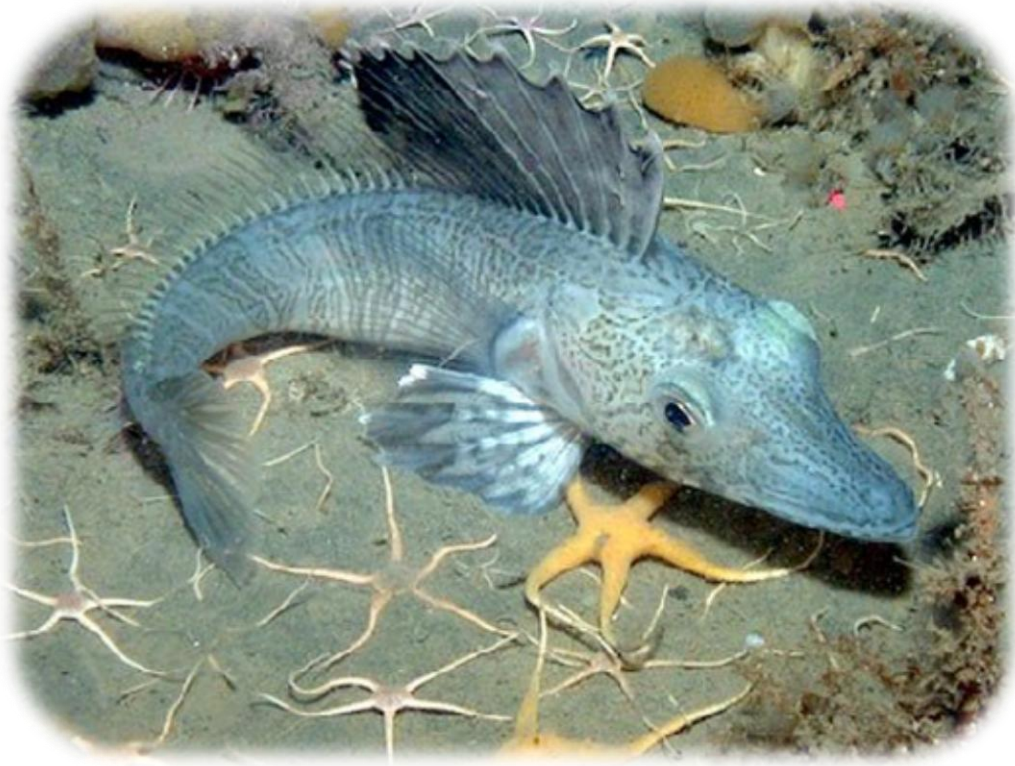
– Evolução independente

Table 1. Summary of phylogenetic relationship of teleost fish that produce AFGPs adapted from Cheng [54].

Species	Northern cods	Antarctic notothenioids
Family	Gadidae	Nototheniidae Arteidraconidae Bathydraconidae Channichthyidae
Order	Gadiformes	Perciformes
Superorder	Paracanthopterygii	Acanthopterygii
Division	Teleosti	Teleosti

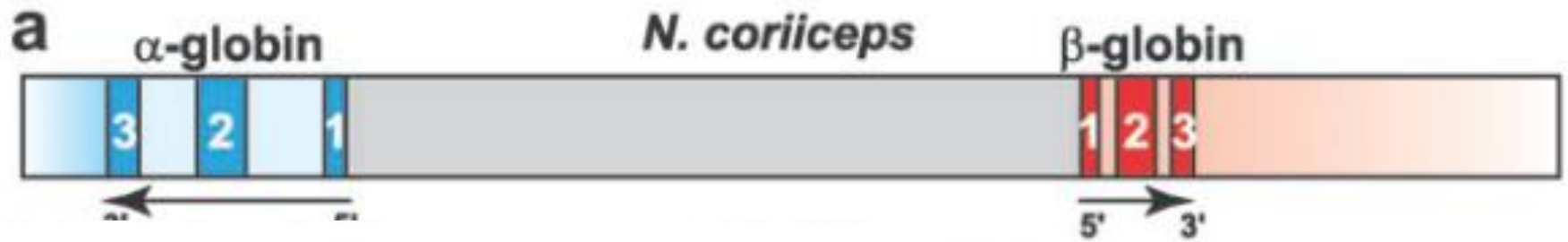


Um peixe diferente...

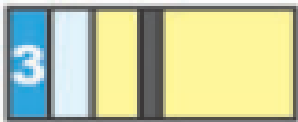




Um peixe diferente...



α -fragment

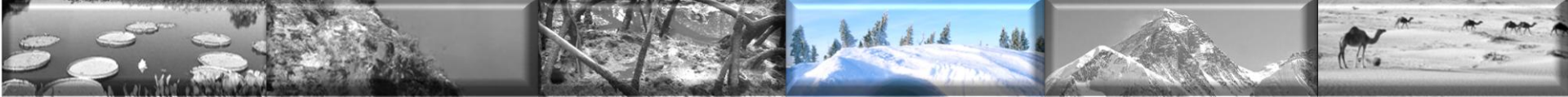


14 Icefishes

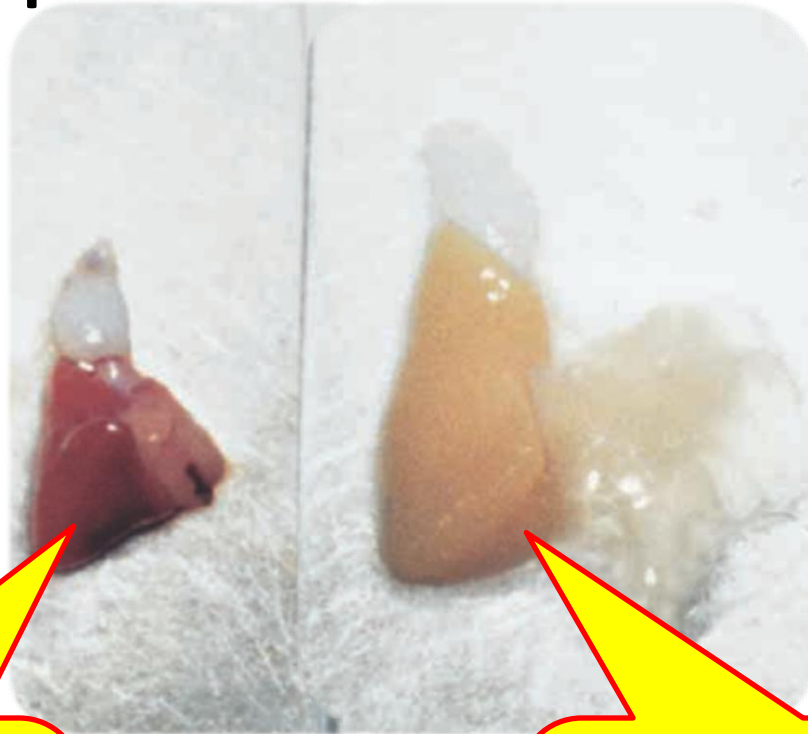


Notothenia coriiceps





Um peixe diferente...



Peixe de sangue vermelho
Ventrículo vermelho

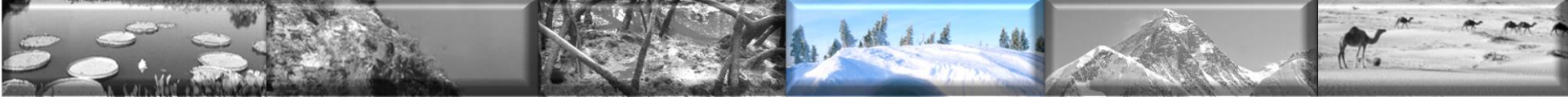


Presença de mioglobina

Peixe-gelo
Coração de cor creme



Coração e frequência maiores



Substâncias Anticongelantes



Rana sylvatica



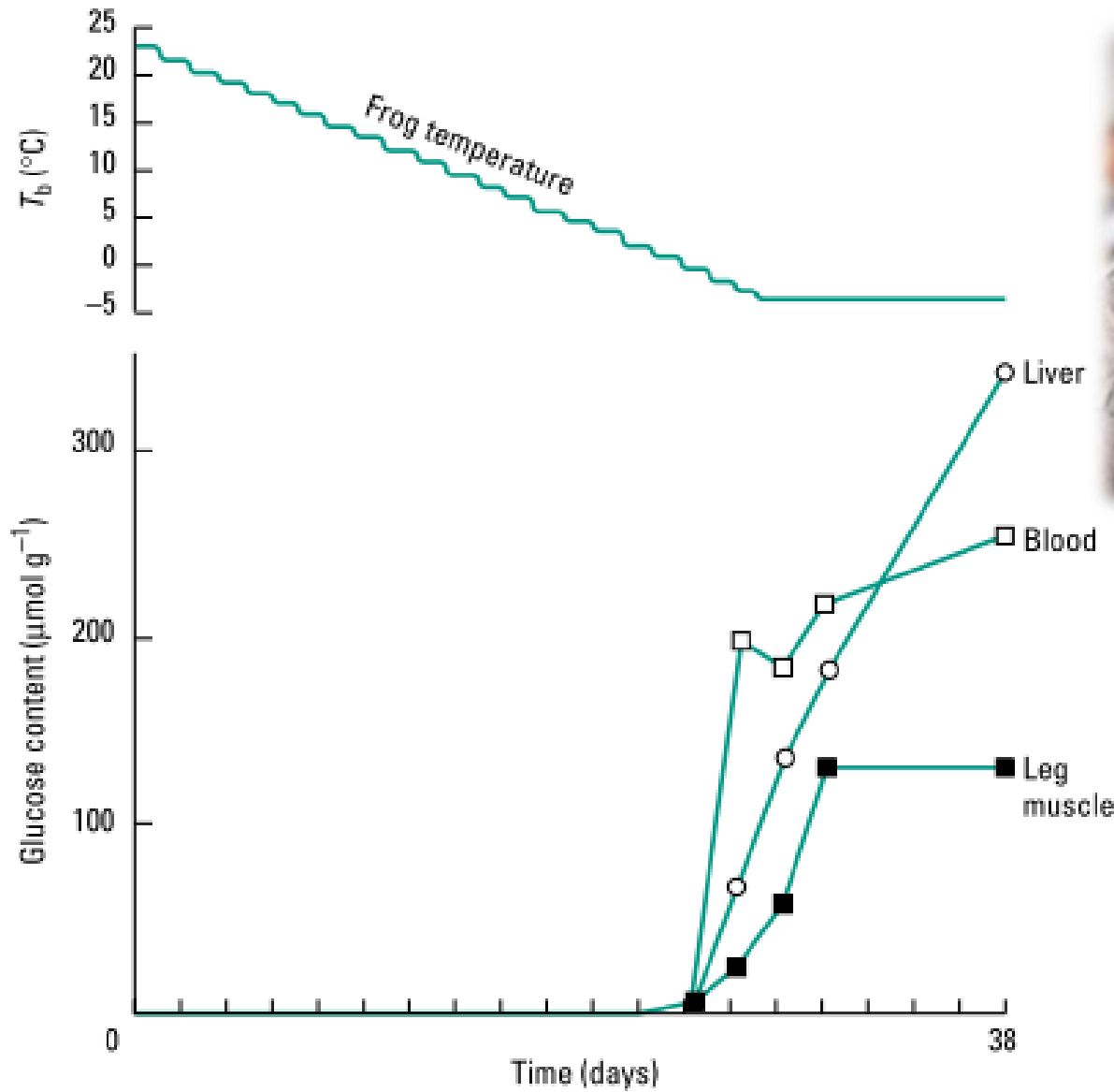
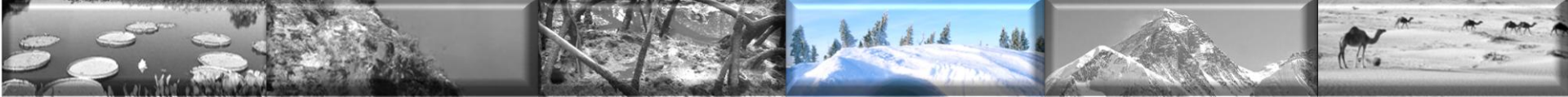
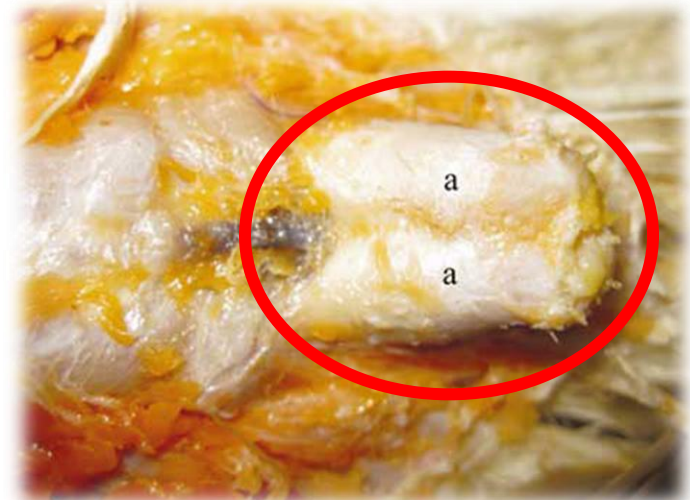
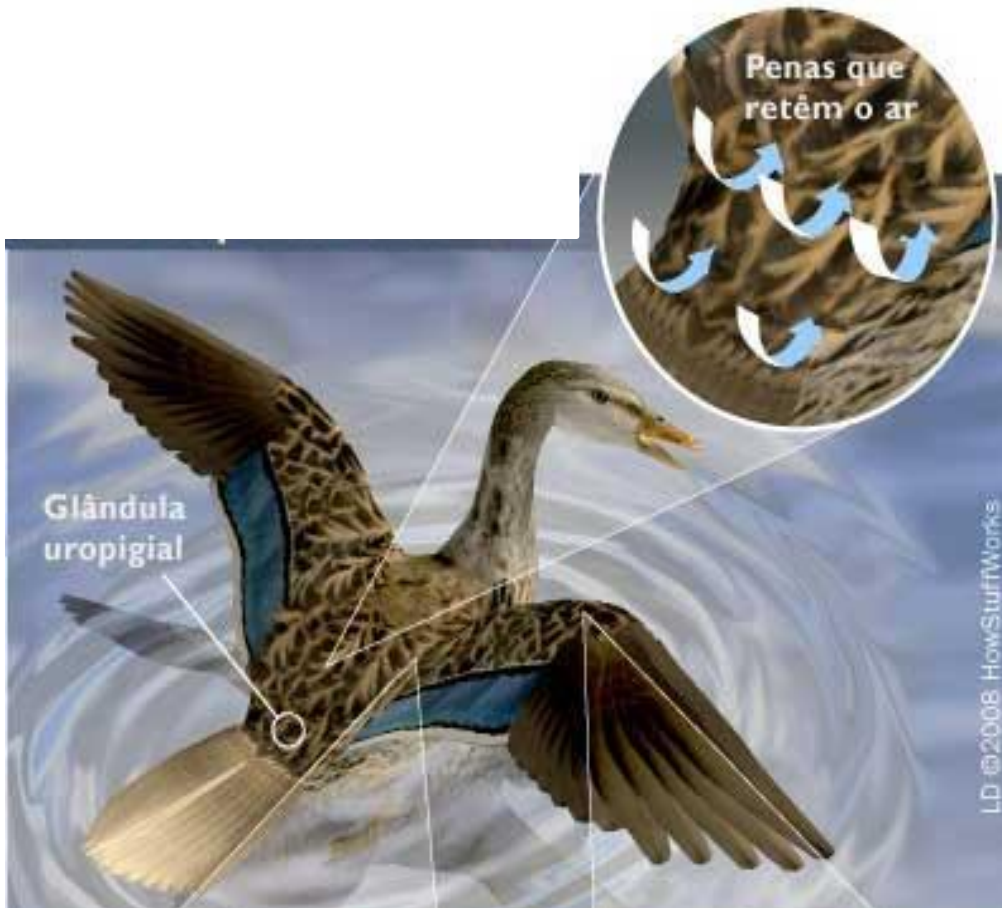


Fig. 16.38 Levels of glucose in the tissues of the freeze-tolerant frog *Rana sylvatica* as its body temperature (T_b) declines. (From Storey & Storey 1984.)



Isolamento Térmico





Isolamento Térmico

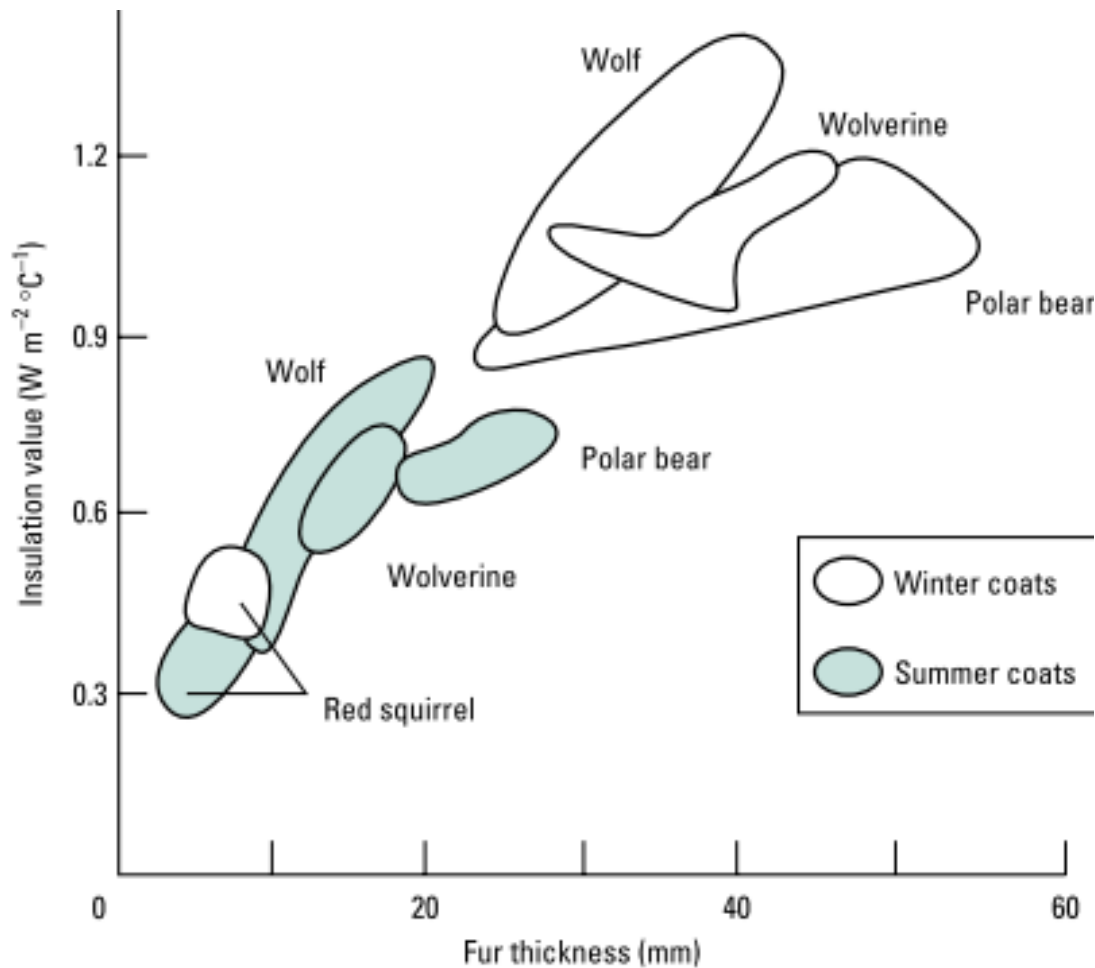
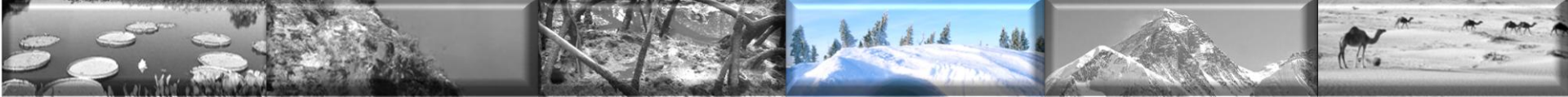
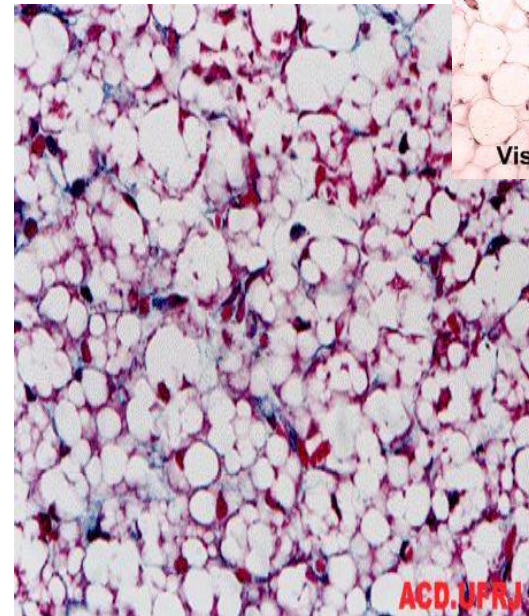
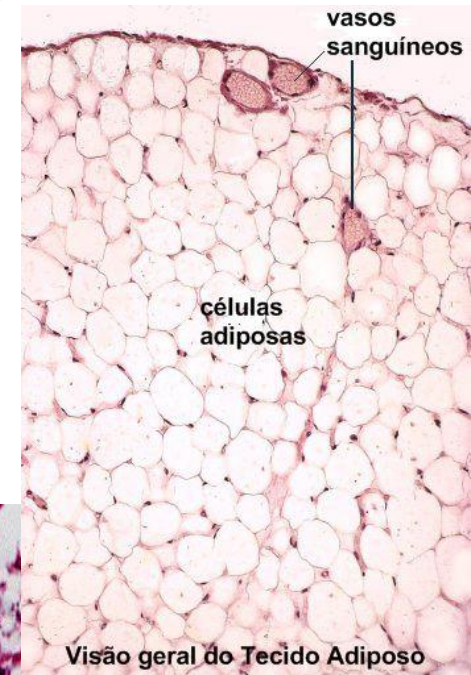


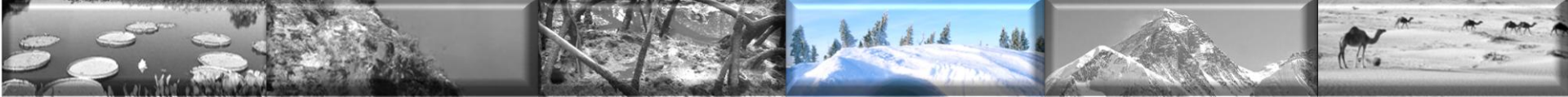
Fig. 16.40 Winter coats of four species of mammals that are thicker and better insulating than summer coats; note that changes are greater for larger species. (Adapted from Hart 1956.)



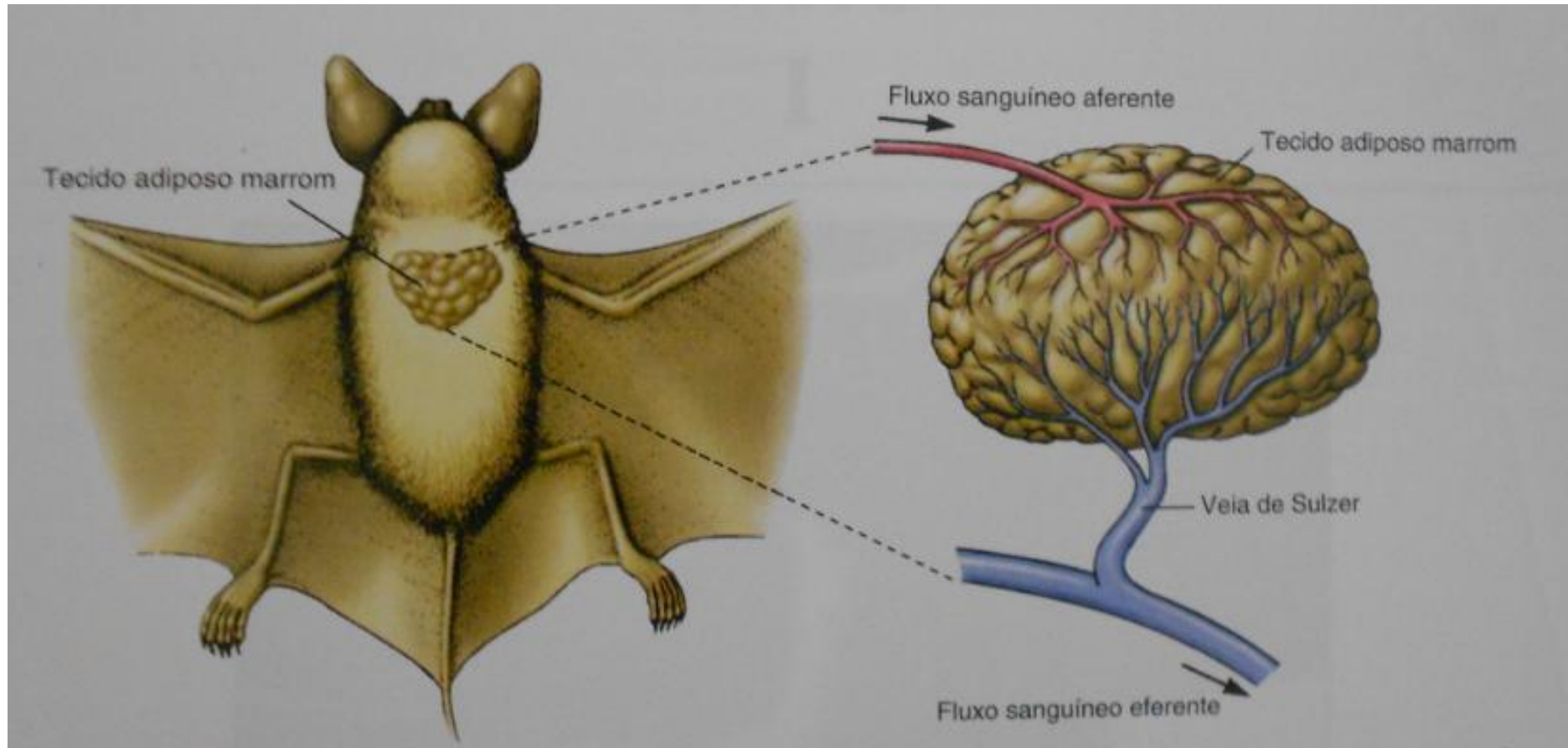
Isolamento Térmico

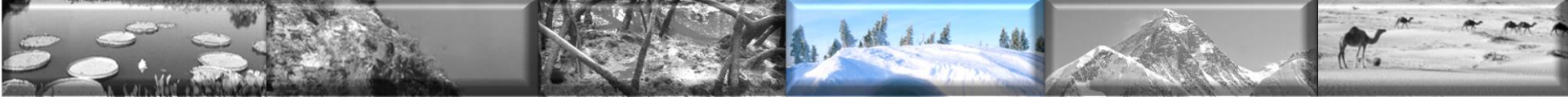
- Tecido adiposo branco
- Tecido adiposo marrom
 - Tecido termogênico
 - Fonte de calor rápida e maciça





Isolamento Térmico





Controle da Perda De Calor



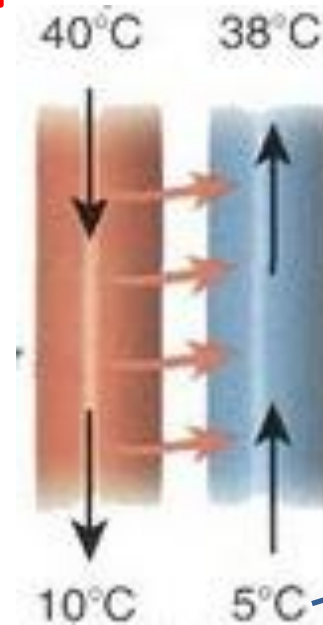
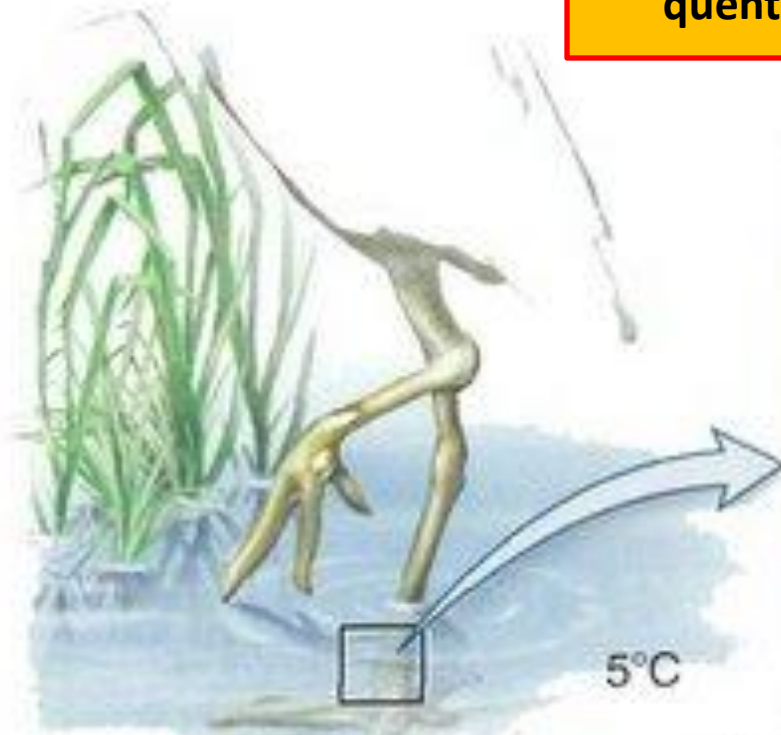


Controle da Perda De Calor

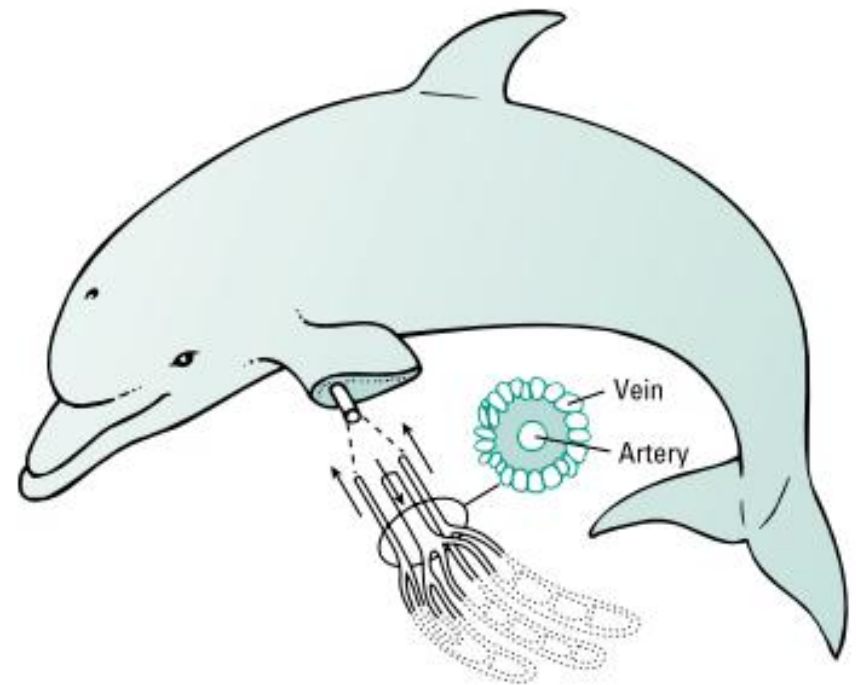
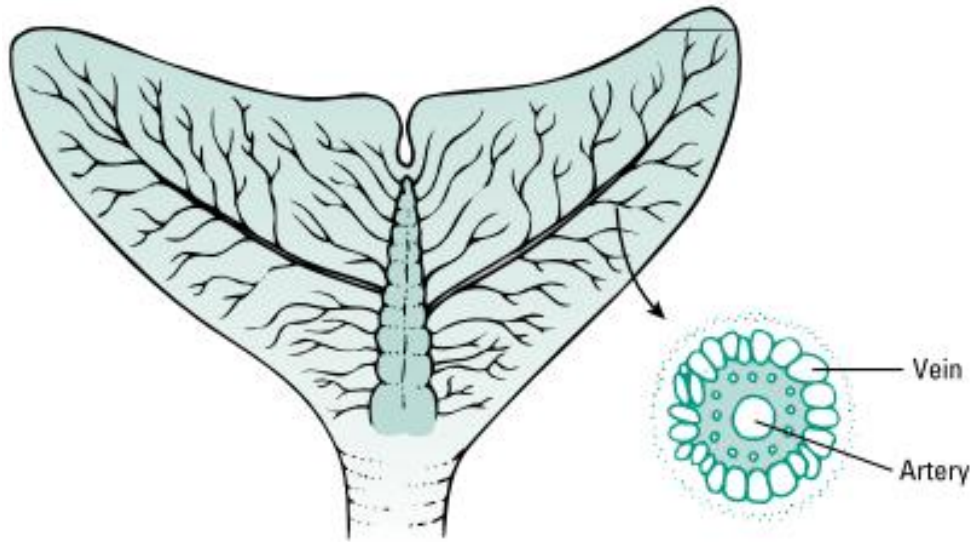
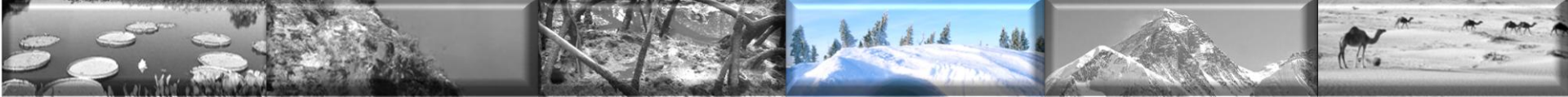
- Heterotermia regional
 - Sistema contra-corrente

O calor é transferido das artérias para as veias, evitando assim a perda de calor

Sangue arterial quente



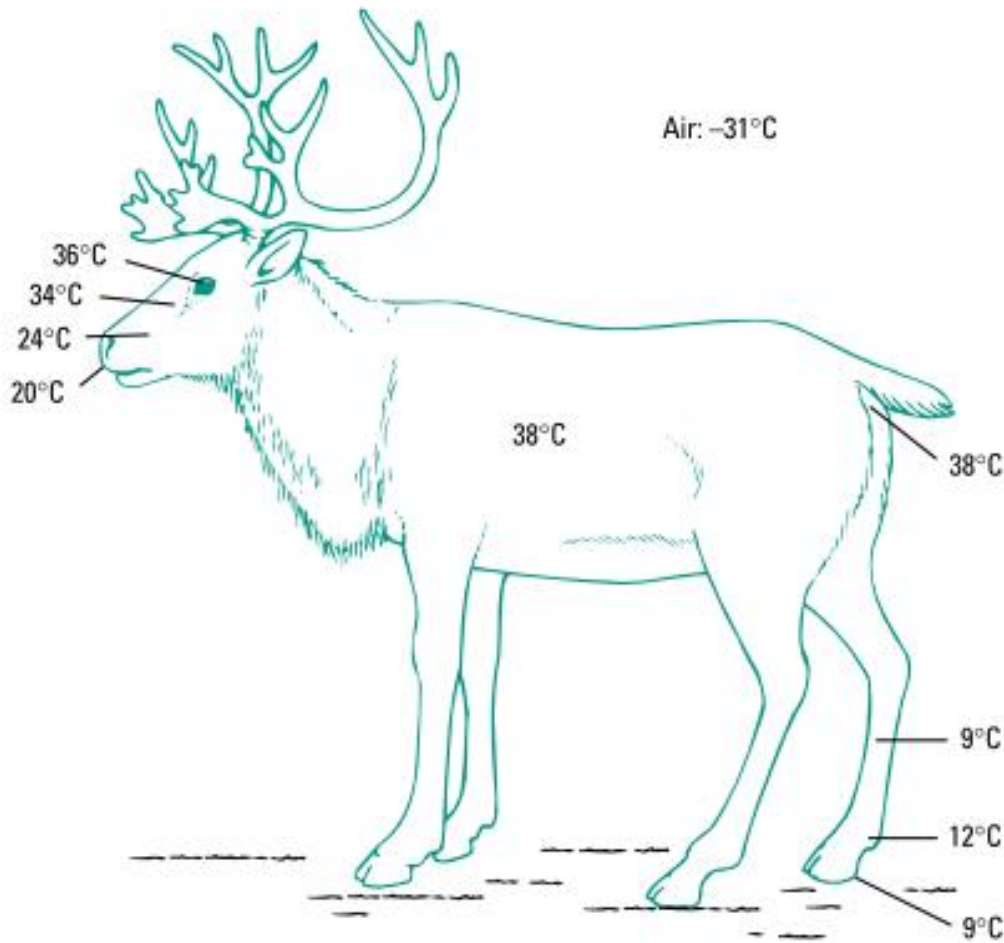
Sangue venoso frio



O calor é transferido das artérias para as veias, evitando assim a perda de calor



Polar mammal



Polar bird

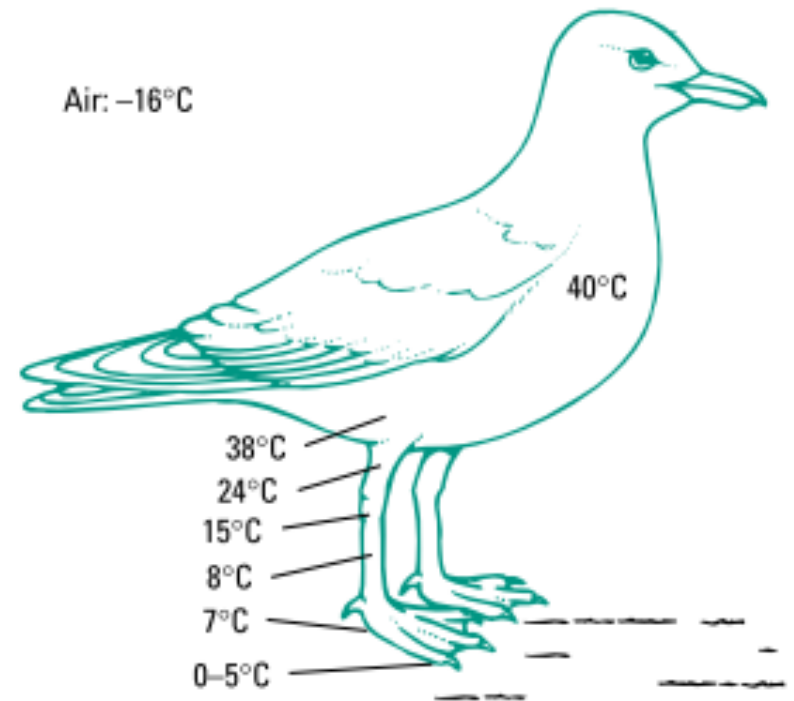
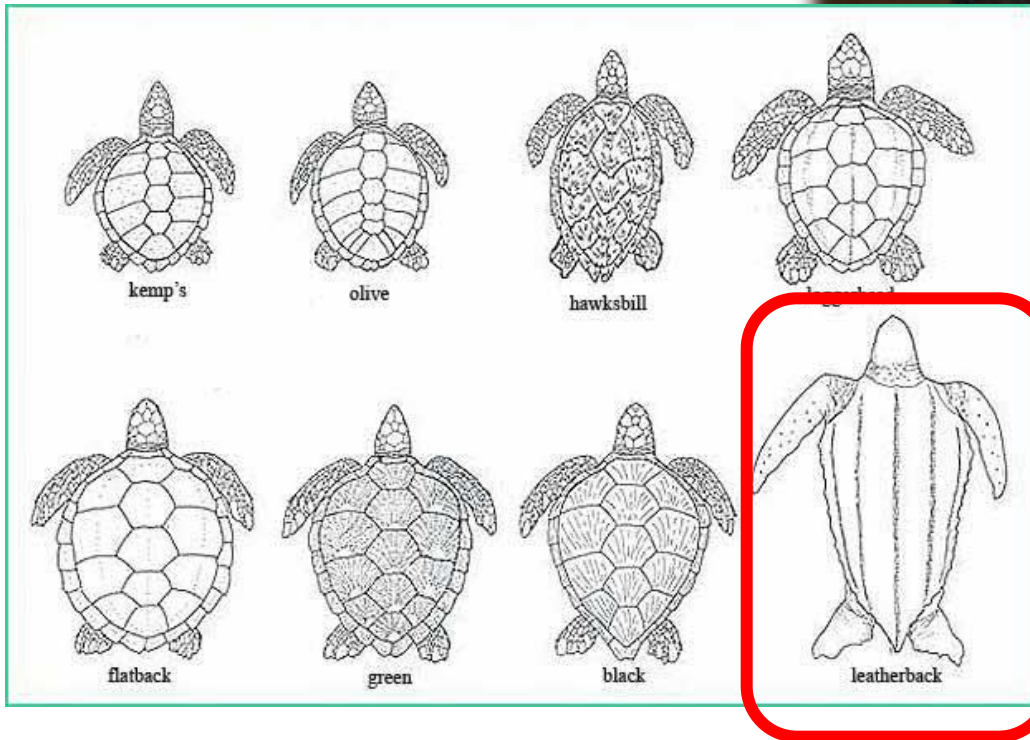
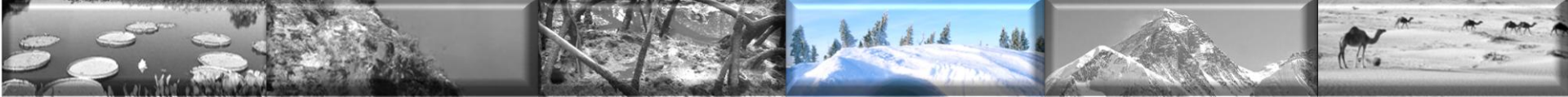


Fig. 16.42 Peripheral countercurrents producing cold extremities in polar mammals and birds. (Adapted from Irving & Krogh 1955.)

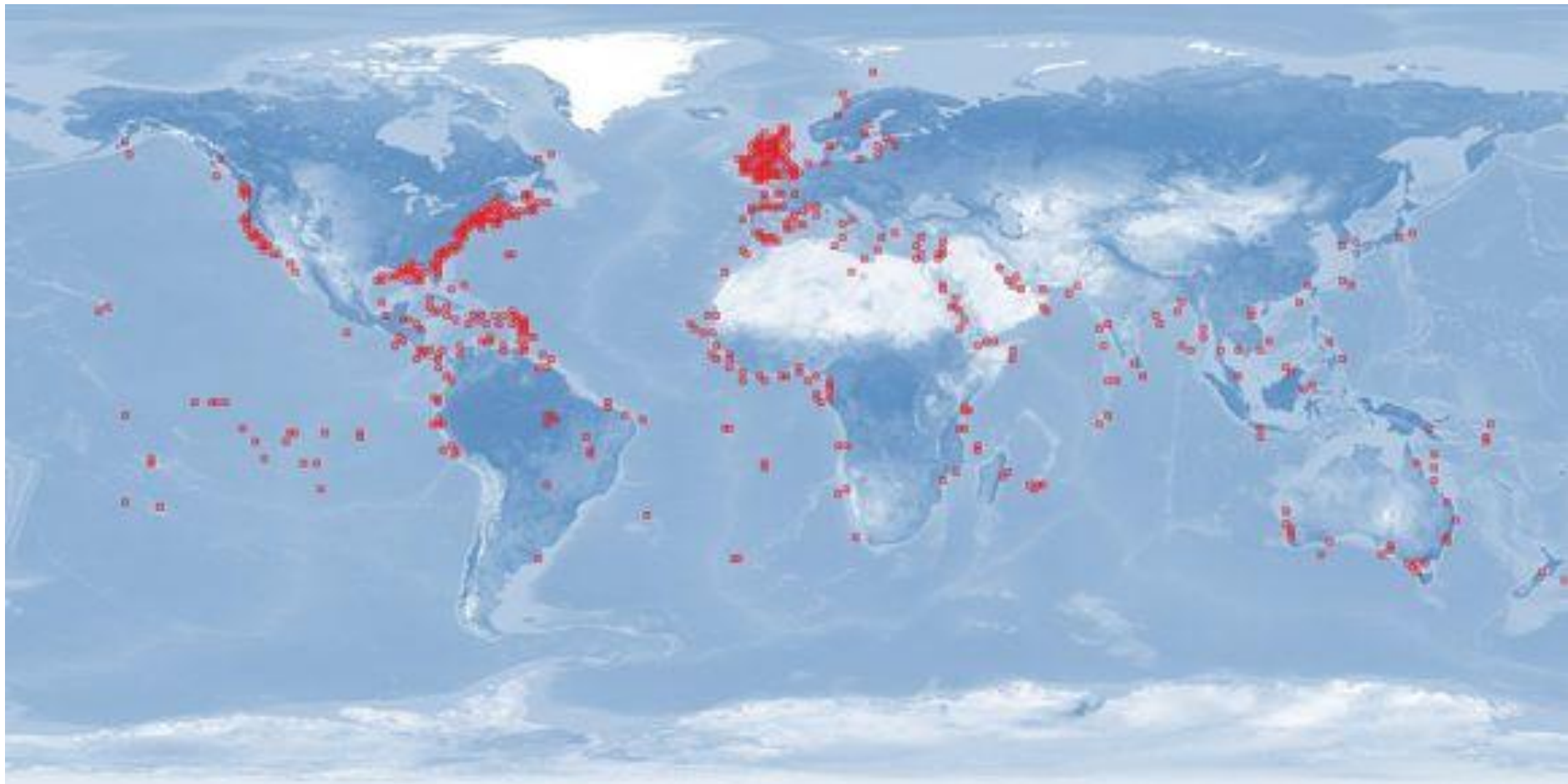


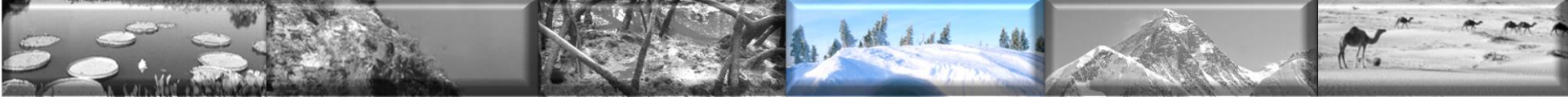
Controle da Perda De Calor





Controle da Perda De Calor





Hipotermia Controlada

Temperatura corporal baixa

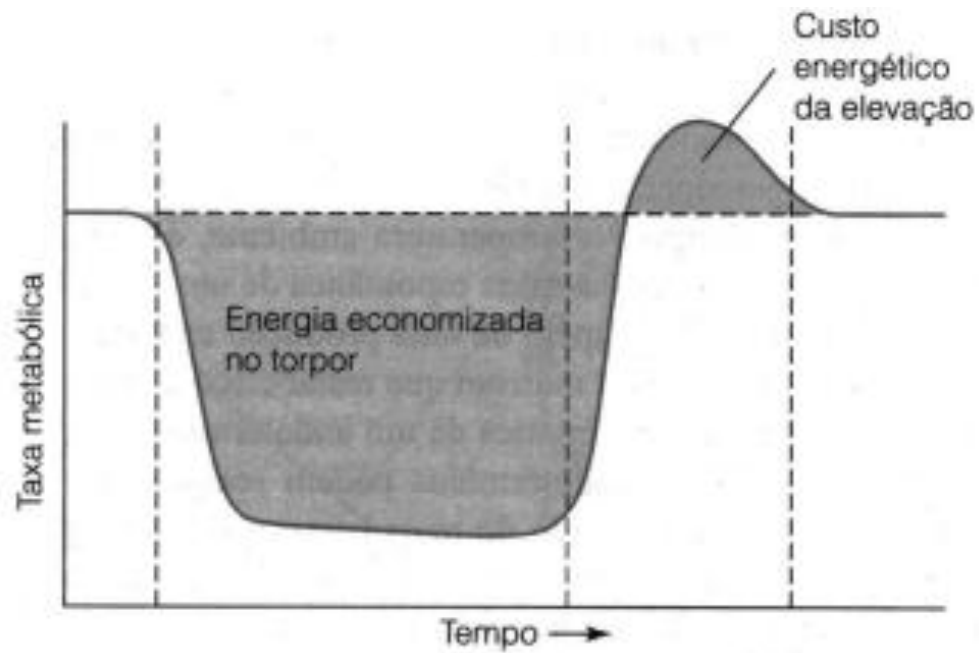
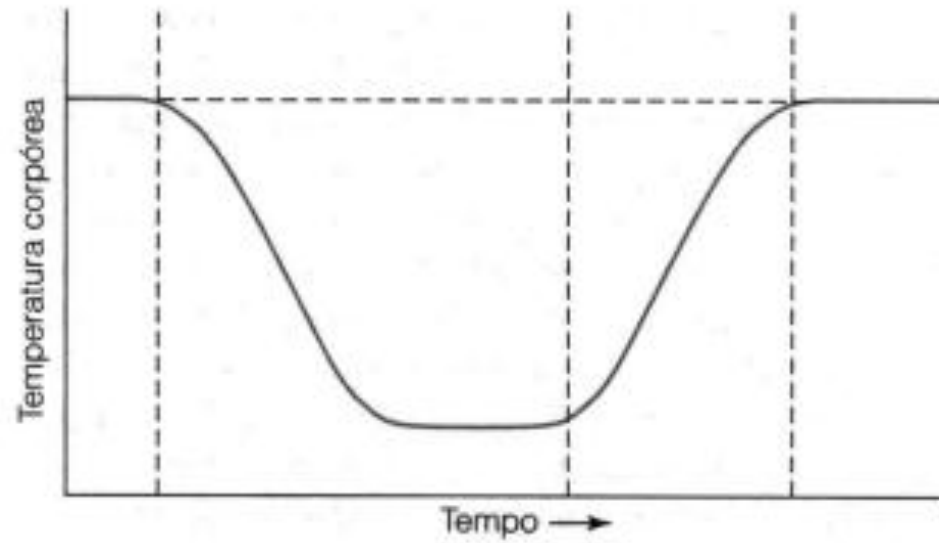


Escape das demandas energéticas
Redução da perda de água

HIBERNAÇÃO

TORPOR

ESTIVAÇÃO



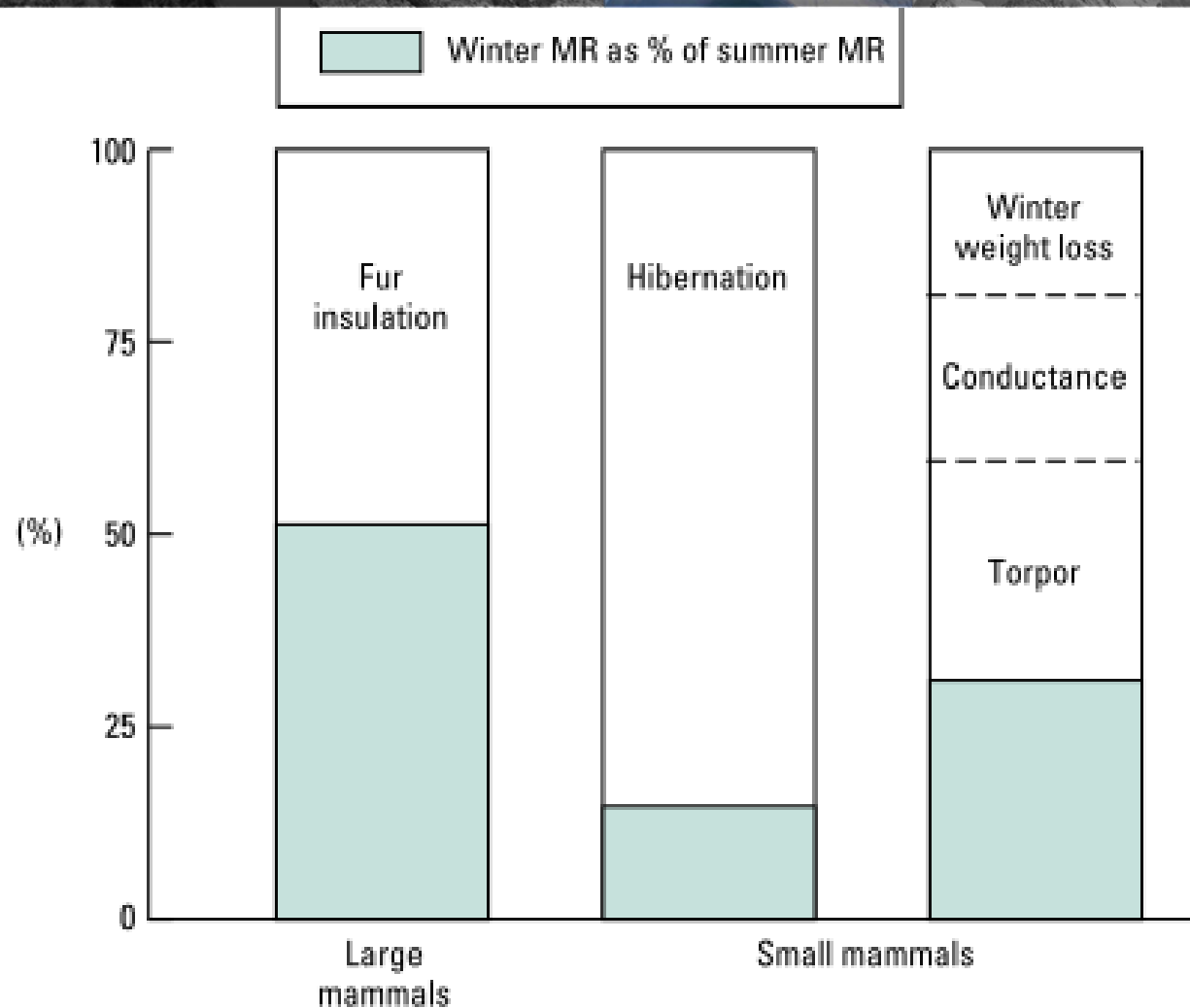


Fig. 16.46 A comparison of the seasonal thermal strategies of large and small mammals; large species mainly respond to winter with improved insulation, while small mammals use either prolonged torpor (hibernation) or a mixture of weight loss, improved insulation, and short periods of torpor. MR, metabolic rate. (Adapted from Heldmaier *et al.* 1989.)

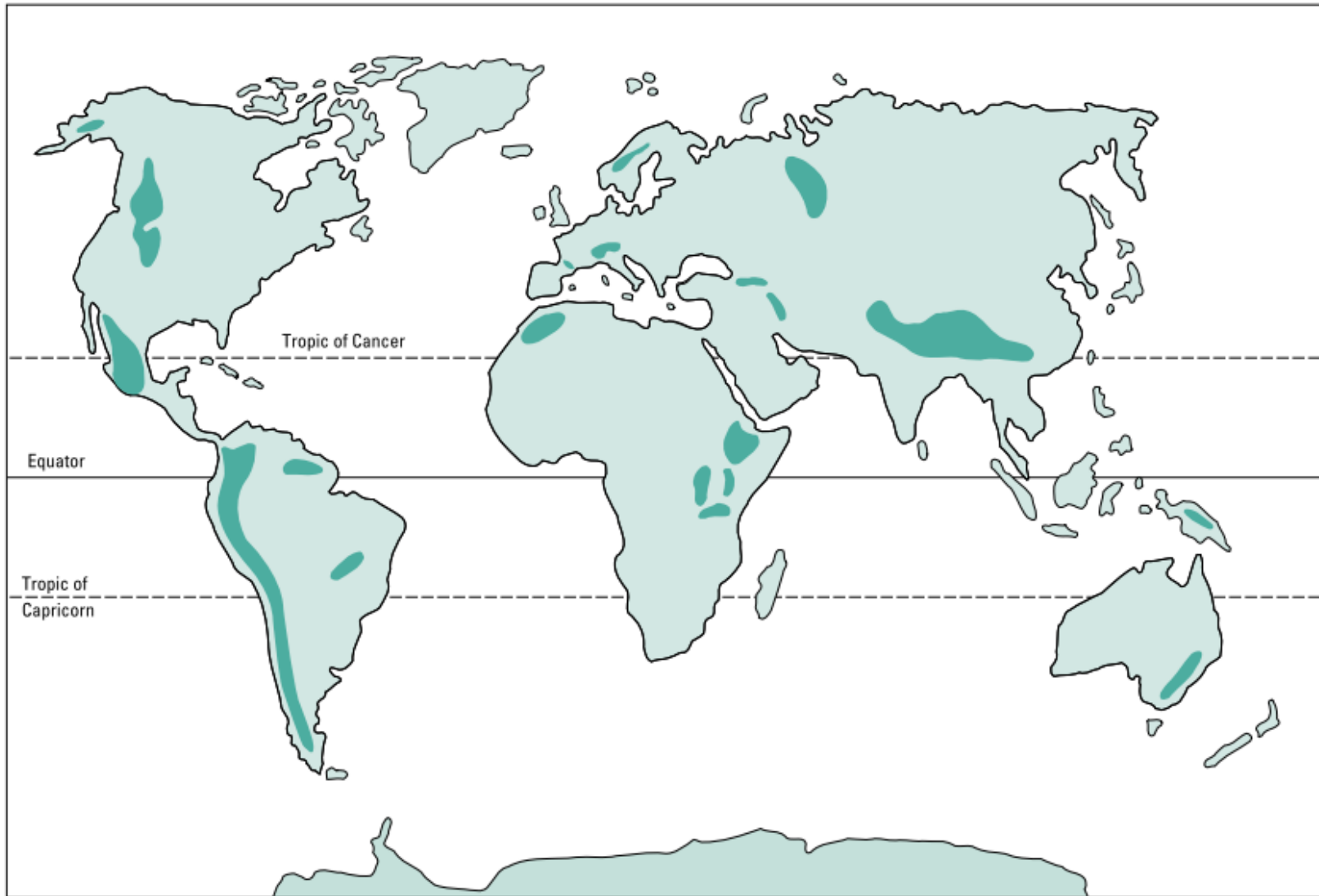


Regiões de Altitude Elevada

Daniela Ventura e Thiago Prado



Regiões De Altitude Elevada





Regiões De Altitude Elevada

- E quais são os desafios?

Frio

Ventos

Radiação
ultravioleta

**Atmosfera
rarefeita**

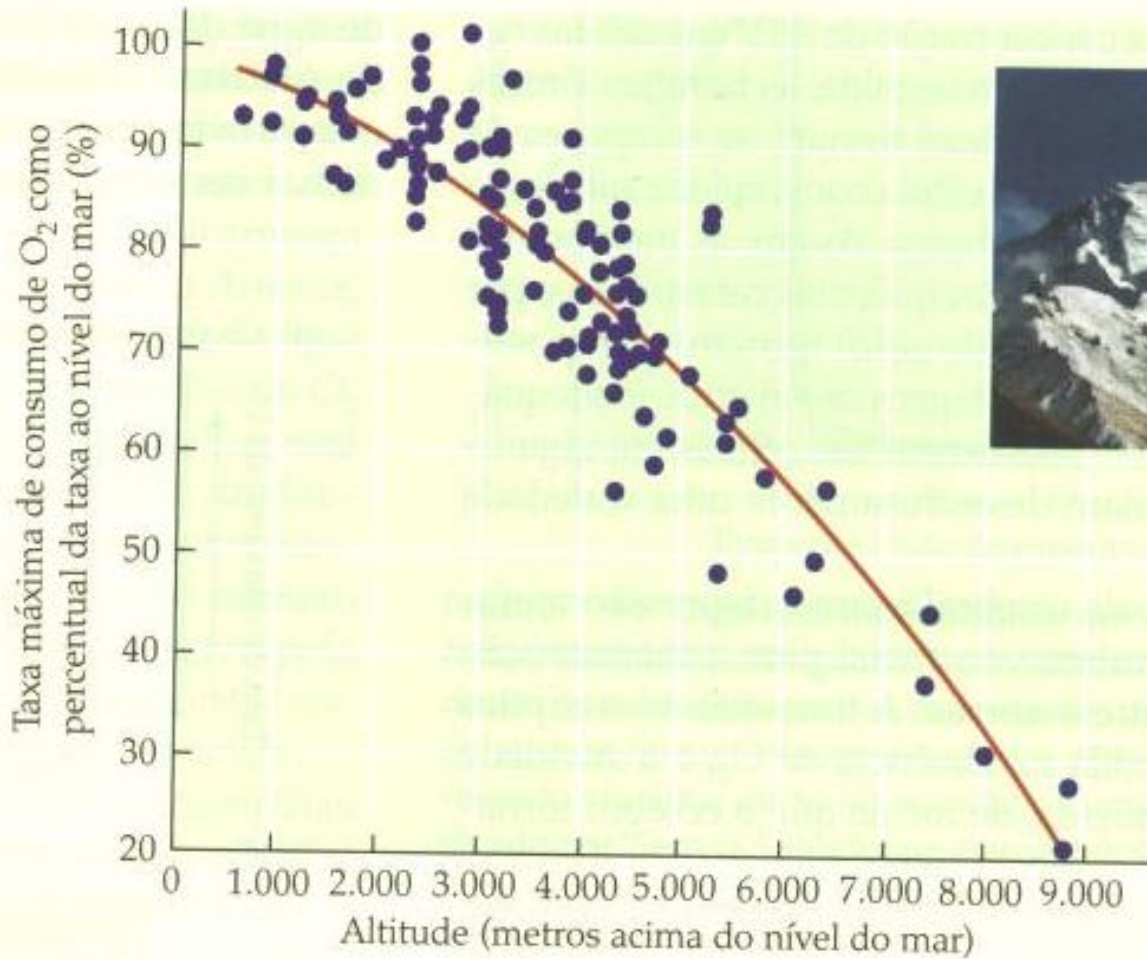


Efeitos De Pressão

Effects of high altitude on atmospheric pressure (P_b ; kPa), ambient pO_2 (kPa), and alveolar pO_2 and pCO_2 ($p_A O_2$, and $p_A CO_2$; kPa) for a human.

Altitude	P_b	Ambient pO_2	$p_A O_2$	$p_A CO_2$
0	101	21.1	13.8	5.3
3100	70.6	14.6	8.9	4.8
4340	61.9	12.8	6.0	—
6200	46	9.7	5.3	3.2
7100	—	normal “ceiling”	—	—
8848	33	6.9	4.0	1.5
9200	30	6.3	2.8	—
12300	19	3.9	1.1	—
14460	—	“ceiling” with pure O_2	—	—
15400	12	2.4	0.1	—
20000	6	1.3	0	0

Efeitos De Pressão



Taxas máximas de consumo de O_2 de montanhistas em altitudes elevadas Os valores são expressos como porcentagens dos valores ao nível do mar. (Segundo Fulco et al., 1998.)



Adaptações Do Sistema Cardiorrespiratório

- Volume pulmonar e frequência cardíaca aumentados
- Hemoglobina de alta afinidade

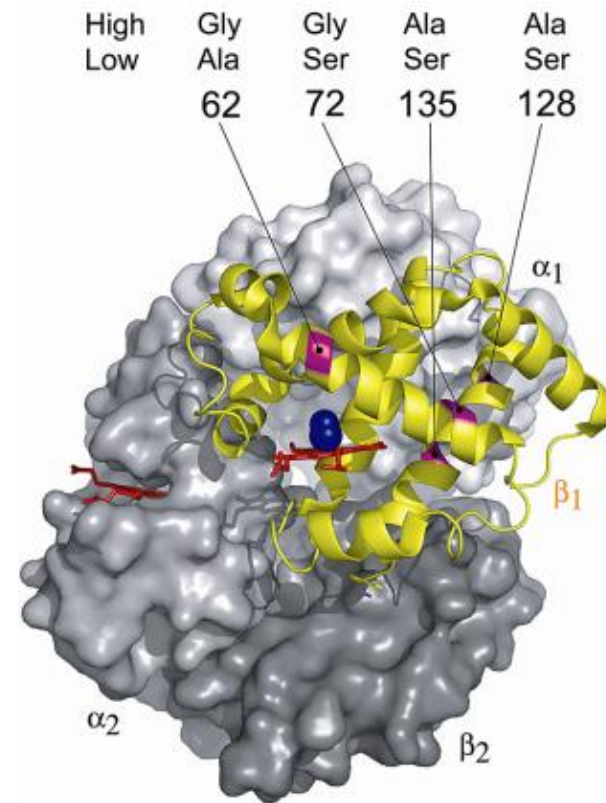


Fig. 1. Homology-based structural model of deer mouse oxy-hemoglobin showing the location of four amino acid mutations located on the E- and H-helices of the β -chain subunit.



Adaptações Do Sistema Cardiorrespiratório

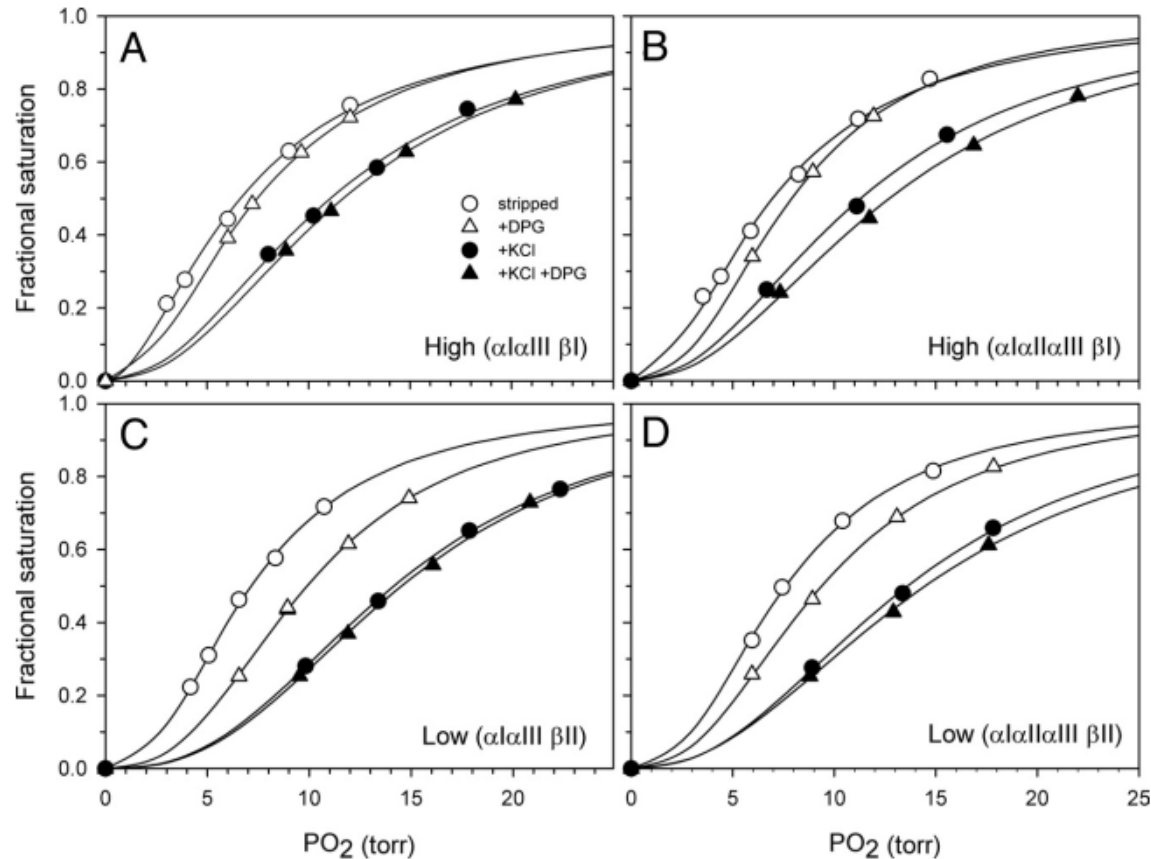


Fig. 3. O₂ equilibrium curves of stripped deer mouse Hbs at pH 7.4 and 37 °C in the presence and absence of allosteric cofactors ([Cl⁻], 0.1 M; [NaHEPES], 0.1 M; DPG/Hb tetramer ratio, 2.0; [Heme], 0.16 mM). Curves for high-altitude mice that express the β₁ isoform (product of the *d¹d¹/d¹d¹* genotype) are shown in A and B, and curves for low-altitude mice that express the β₁₁ isoform (product of the *d⁰d⁰/d⁰d⁰* genotype) are shown in C and D. Comparisons of A vs. C and B vs. D reveal differences in O₂ equilibrium curves for matched pairs of high- and low-altitude mice that possessed Hbs with the same α-chains but different β-chains.



Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives

Cynthia M. Beall*

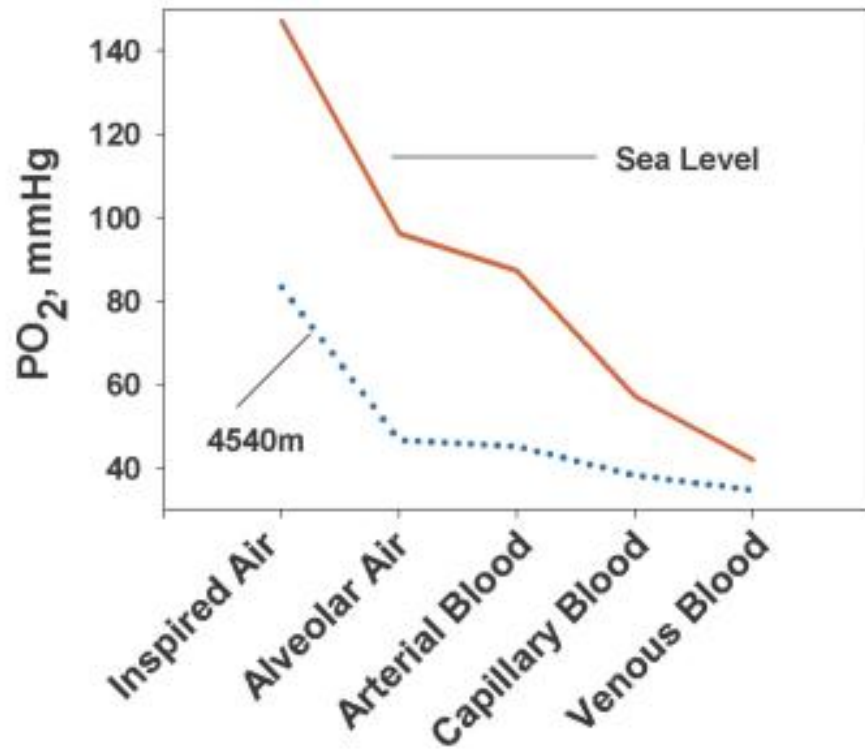


Fig. 2. The oxygen transport cascade at sea level (solid line) and at the high altitude of 4,540 m (dashed line) illustrates the oxygen levels at the major stages of oxygen delivery and suggests potential points of functional adaptation (data from ref. 60).

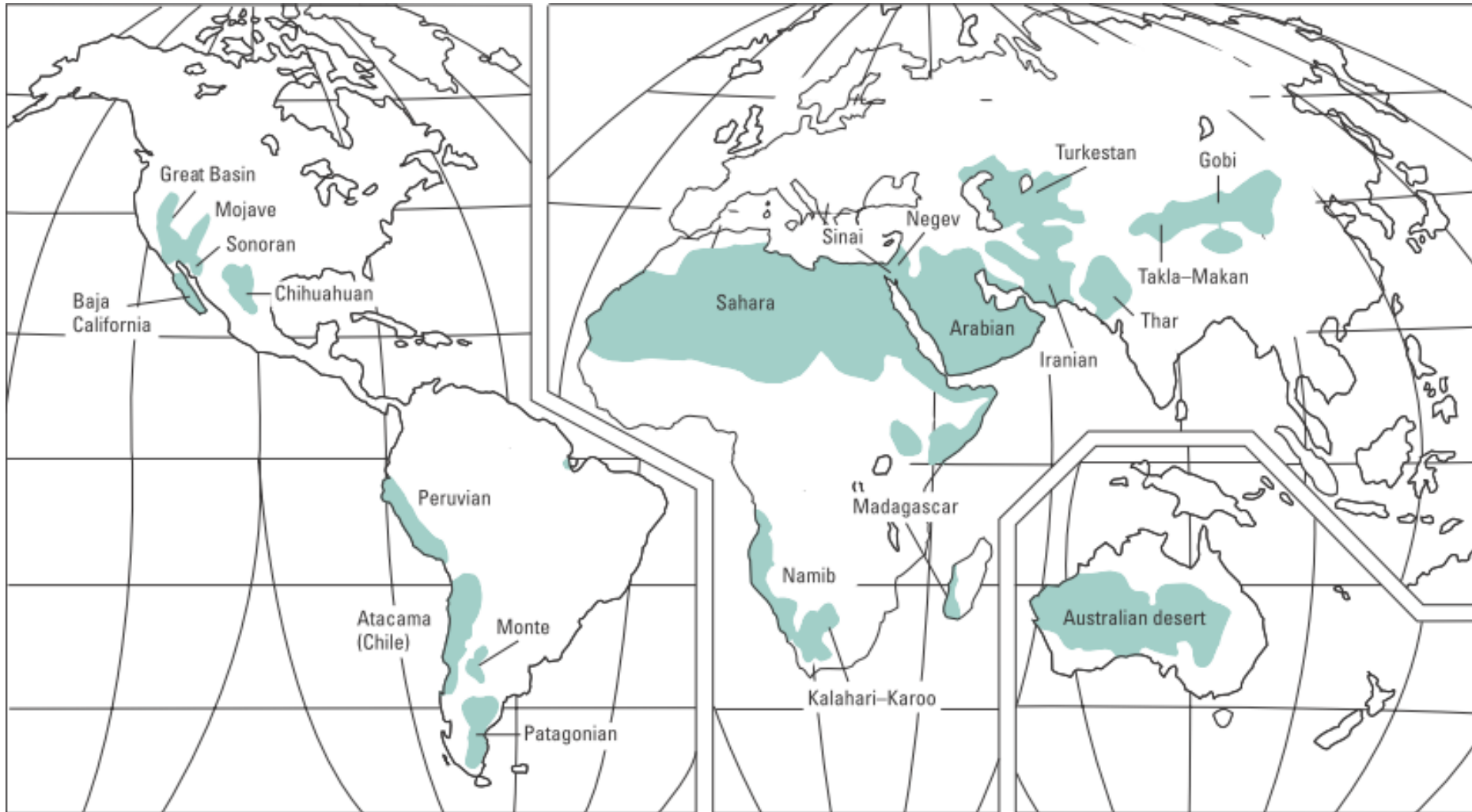


Ambientes Desérticos

Daniela Ventura e Thiago Prado



Ambientes Desérticos





Ambientes Desérticos

Disponibilidade de
água



Controle dominante
sobre processos
biológicos

Precipitação



Evento raro e
imprevisível



Ambientes Desérticos

- E quais são os desafios?

Temperatura
ambiental
alta

Baixa
umidade

**Falta de
água livre**



Migração

Espécies **independentes** do consumo de água



Espécies **dependentes** do consumo de água







Migração

Espécies **independentes** do consumo de água

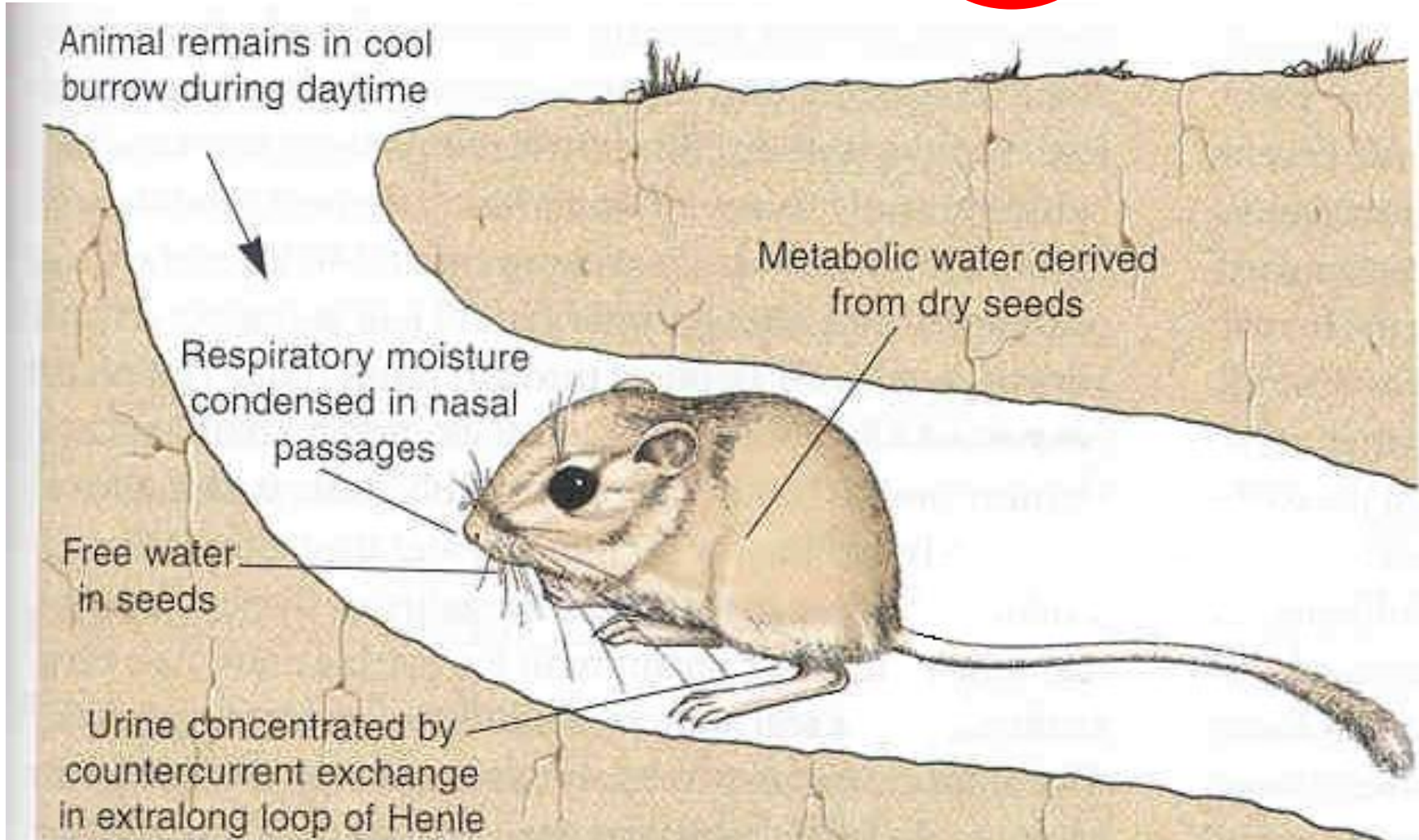


Espécies **dependentes** do consumo de água



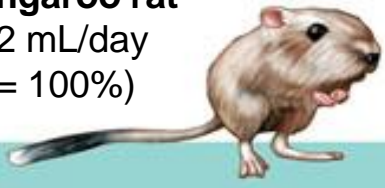


ÁGUA METABÓLICA

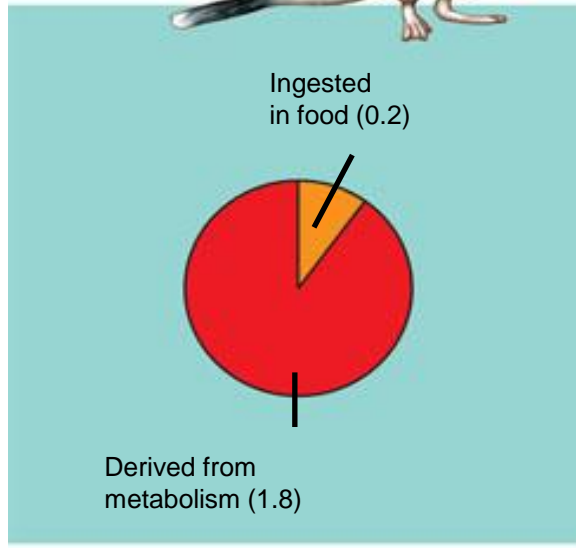




Water balance in a kangaroo rat
(2 mL/day = 100%)



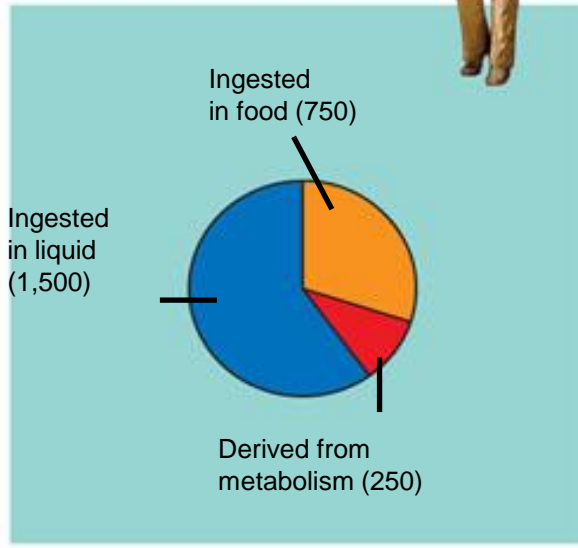
Water gain



Water balance in a human
(2,500 mL/day = 100%)



Water gain



Water loss

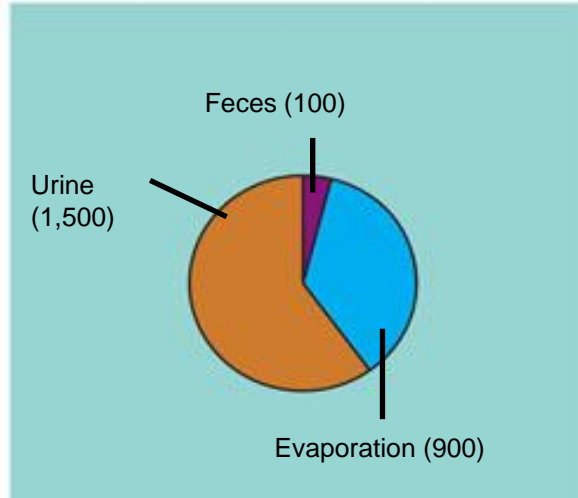
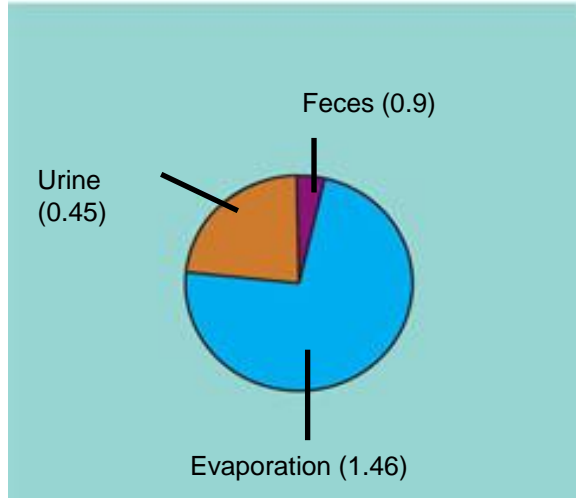




TABELA 26.4 Ganhos e perdas aproximadas de água catabólica no rato-canguru (*Dipodomys*) e no rato de laboratório (*Rattus*) quando alimentados com cevada seca ao ar e sem ingestão de água

Os animais estudados foram mantidos a 25°C e umidade relativa de 33%. Os valores apresentados são em g de H₂O por g (peso seco) de cevada ingerida. Valores para os ratos-canguru são do Quadro 26.1.

Categoria de ganho ou perda de água	Rato-canguru	Rato de laboratório
Água metabólica total produzida	0,54 g/g	0,54 g/g
Perdas hídricas obrigatórias		
Respiratórias	0,33	0,33
Urinárias	0,14	0,24
Fecais	0,00	0,03
Perdas hídricas obrigatórias totais	0,47	0,60
Ganho efetivo de água metabólica	+ 0,07	- 0,06



ÁGUA PRÉ-FORMADA

Um animal obtém 2,7 vezes mais água destas gramíneas se ele se alimentar ao amanhecer em vez de ao anoitecer.

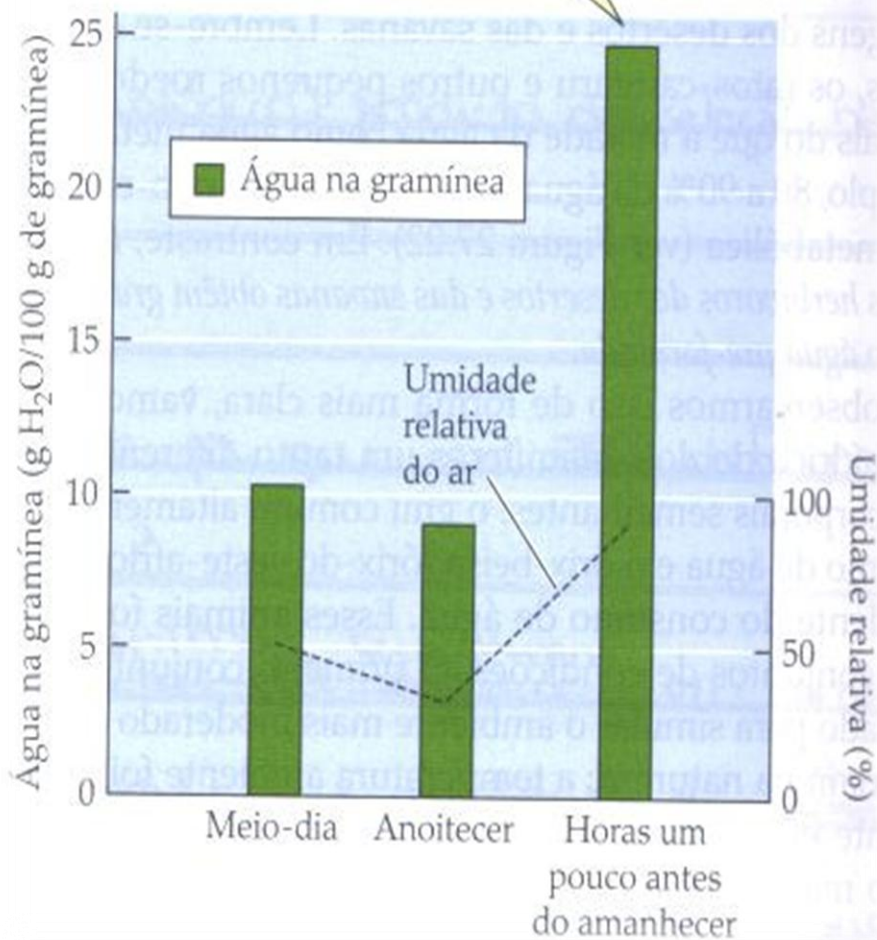
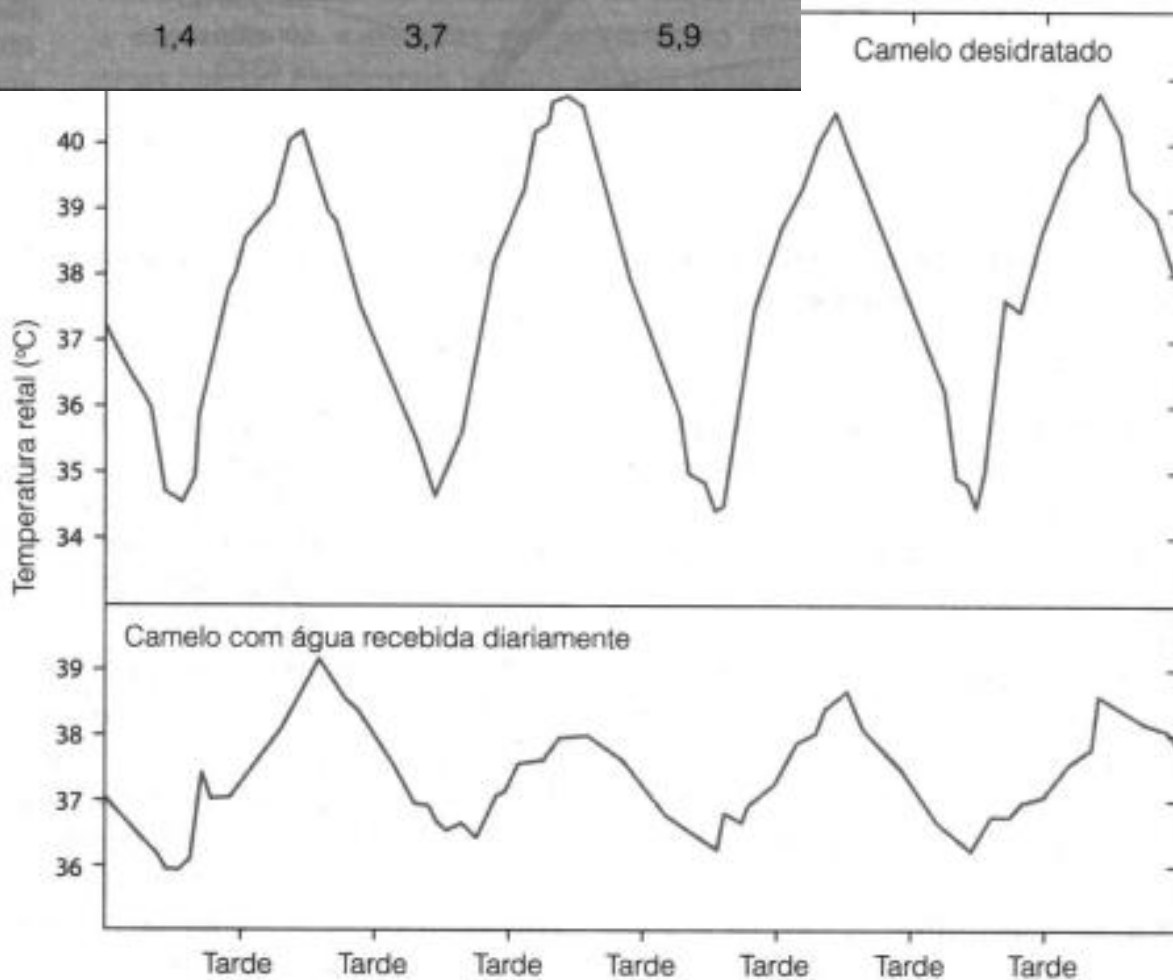
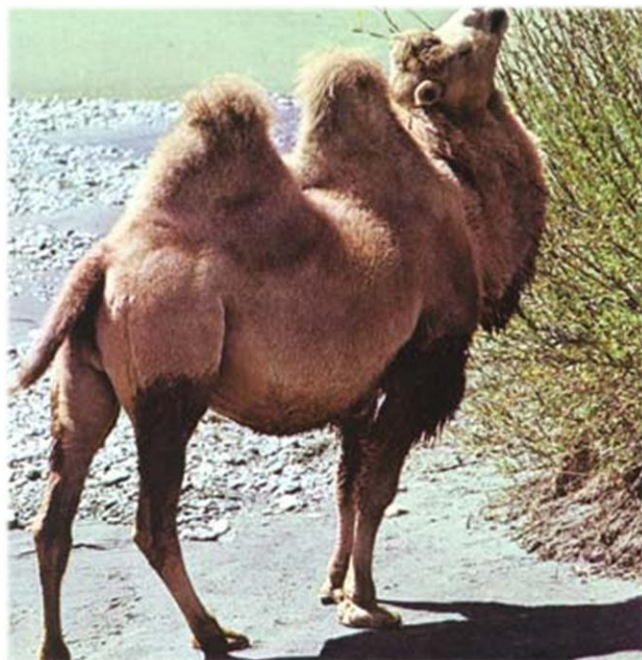




TABELA 22.2

Perda Diária de Água por um Camelo de 250 quilogramas

Condição	Perda de água (litros/dia) através de Diferentes Rotas			
	Fezes	Urina	Evaporação	Total
Bebendo diariamente (8 dias)	1,0	0,9	10,4	12,3
Sem beber (17 dias)	0,8	1,4	3,7	5,9

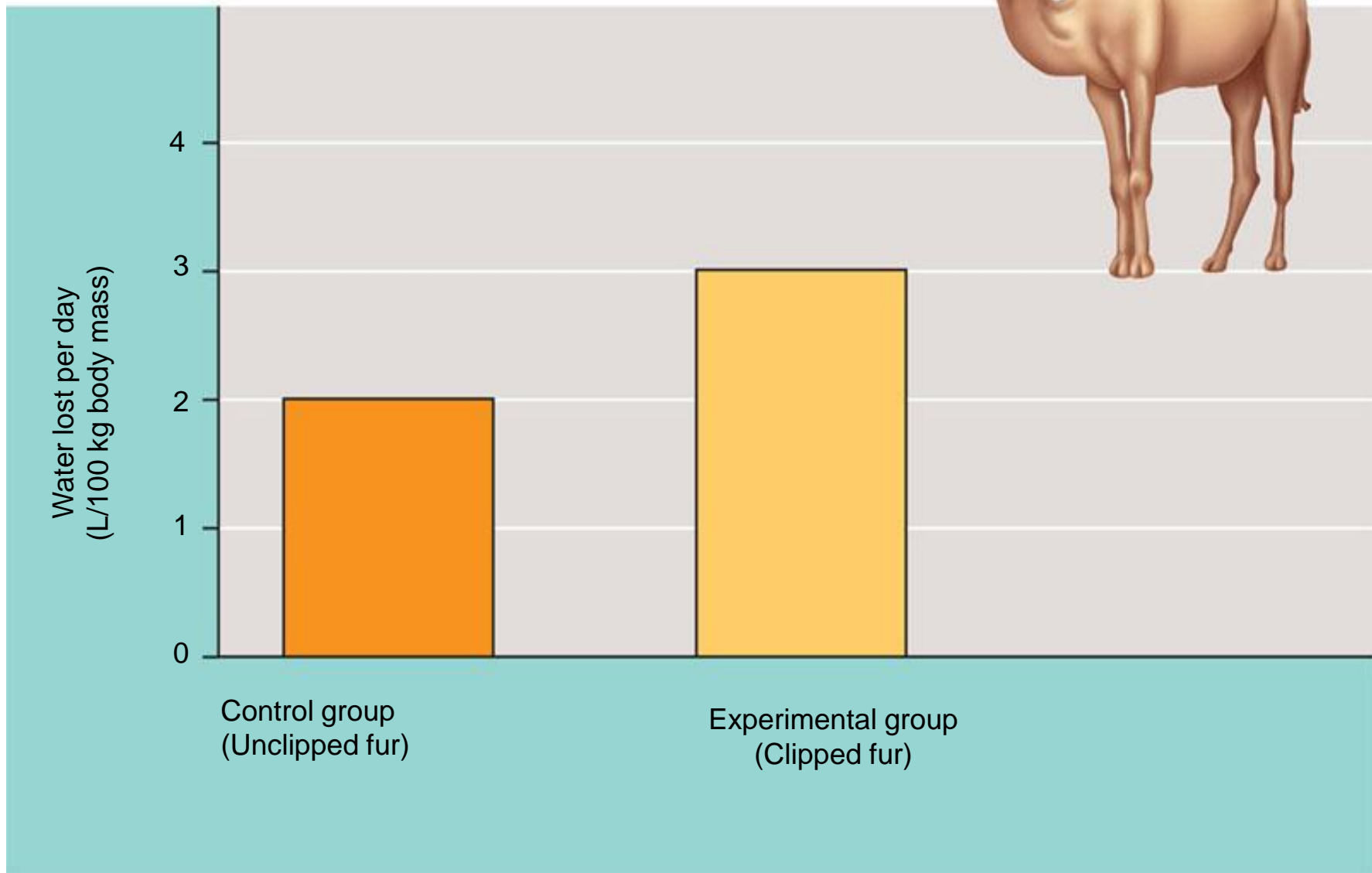




Isolamento Térmico

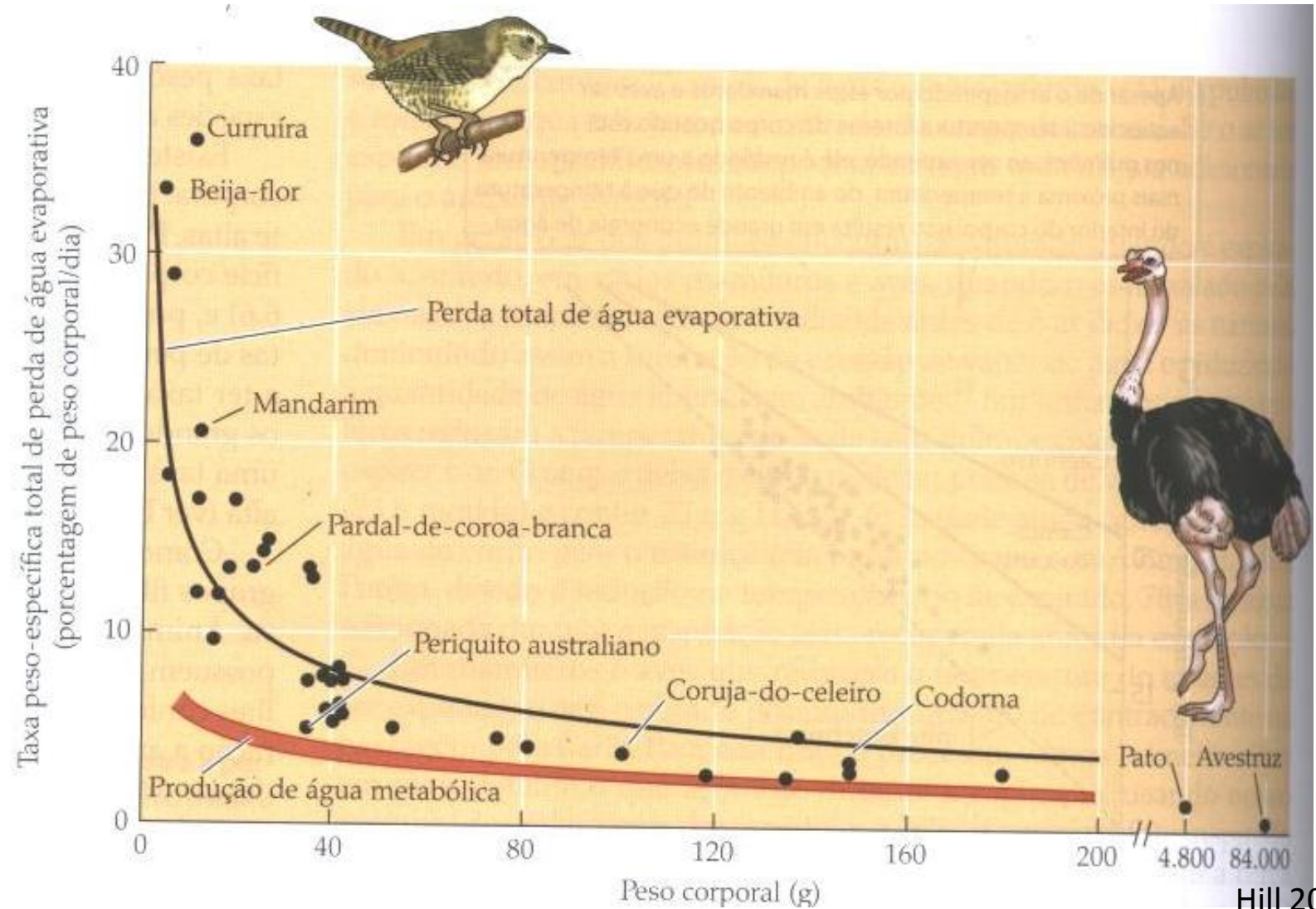
- Pelagem e plumagem grossas
 - Barreira ao influxo de calor durante o dia
 - Barreira à perda de calor durante a noite
 - Reflexão da radiação solar







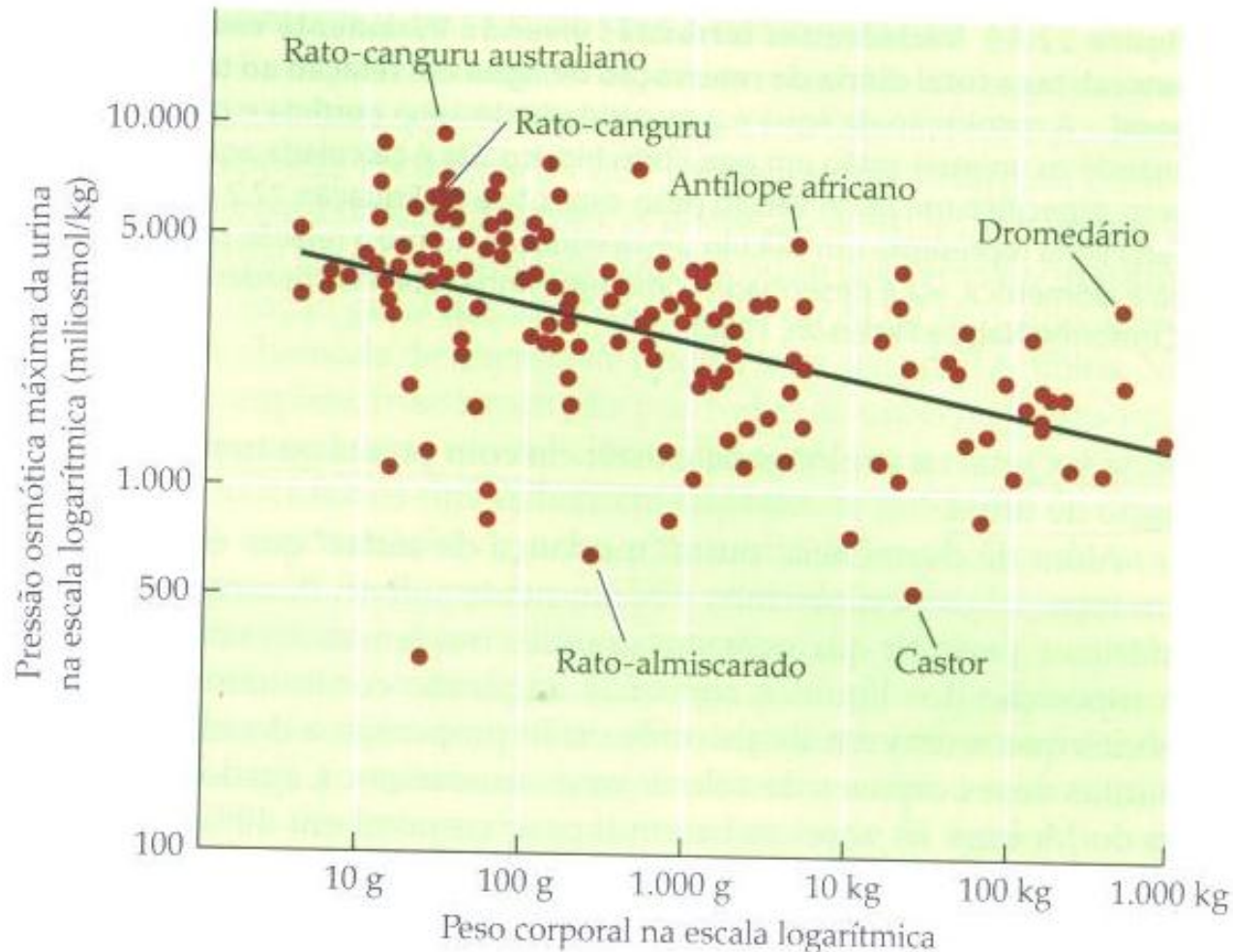
Isolamento Térmico





Controle Hídrico

- Habilidade em concentrar urina



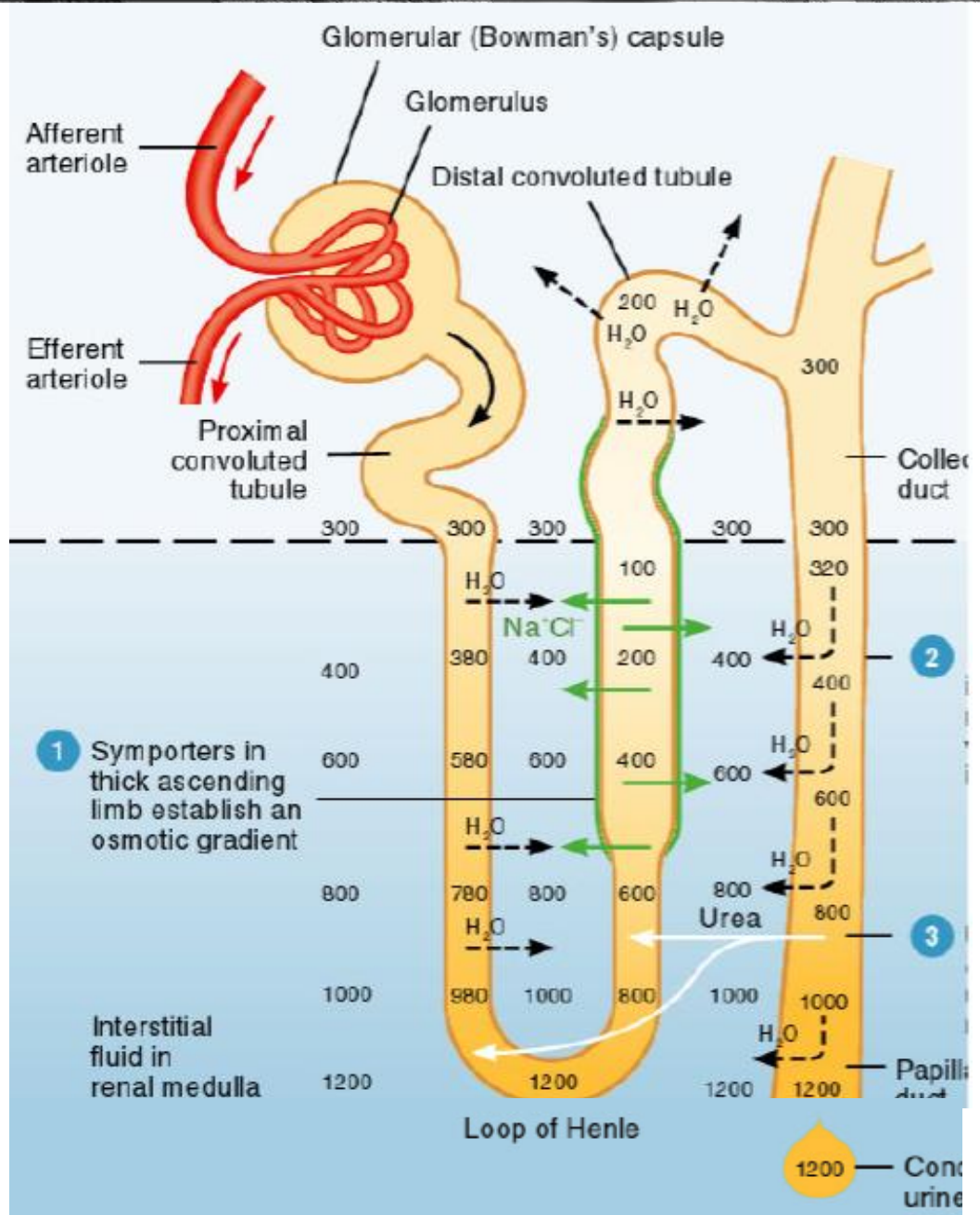


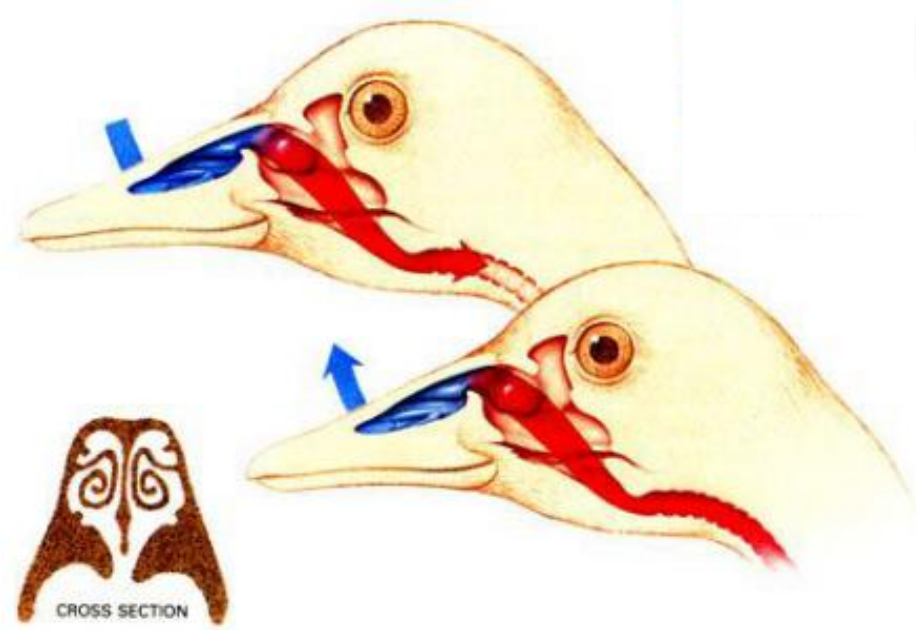
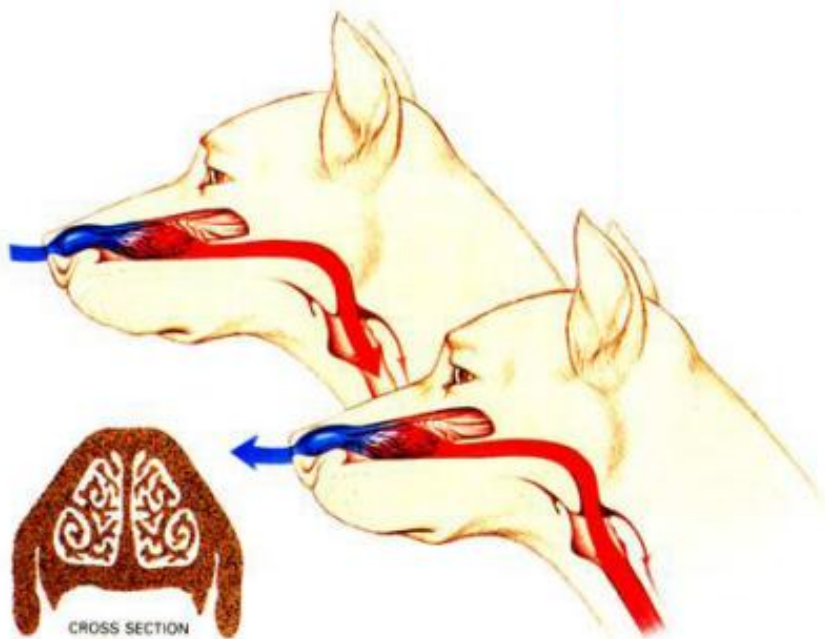
TABELA 11.3 Concentrações Máximas de Urina de Alguns Sinapsida e Sauropsida

Espécies	Concentração máxima da urina observada ($\text{mmole} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Synapsida	
Humano (<i>Homo sapiens</i>)	1.430
Golfinho nariz de garrafa (<i>Tursiops truncatus</i>)	2.658
Canguru (<i>Macropus robustus</i>)	2.730
Camelo (<i>Camelus dromedarius</i>)	2.800
Rato branco (<i>Rattus norvegicus</i>)	2.900
Rato marsupial (<i>Dasycercuse risticauda</i>)	3.231
Gato (<i>Felis domesticus</i>)	3.250
Rato do deserto (<i>Neotoma lepida</i>)	4.250
Vampiro (<i>Desmodus rotundus</i>)	6.250
Rato canguru (<i>Dipodomys merriami</i>)	6.382
Camundongo saltador australiano (<i>Notomys alexis</i>)	9.370
Sauropsida	
Jacaré americano (<i>Alligator mississippiensis</i>)	312
Iguana do deserto (<i>Dipsosaurus dorsalis</i>)	300
Tartaruga do deserto (<i>Gopherus agassizii</i>)	622
Pelicano (<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>)	700
Pardal (<i>Passer domesticus</i>)	826
Tendilhão (<i>Carpodacus mexicanus</i>)	850
Pardal das savanas (<i>Passerculus sandvicensis</i>)	2.000



Controle Hídrico

- Troca de calor nasal em mamíferos e aves



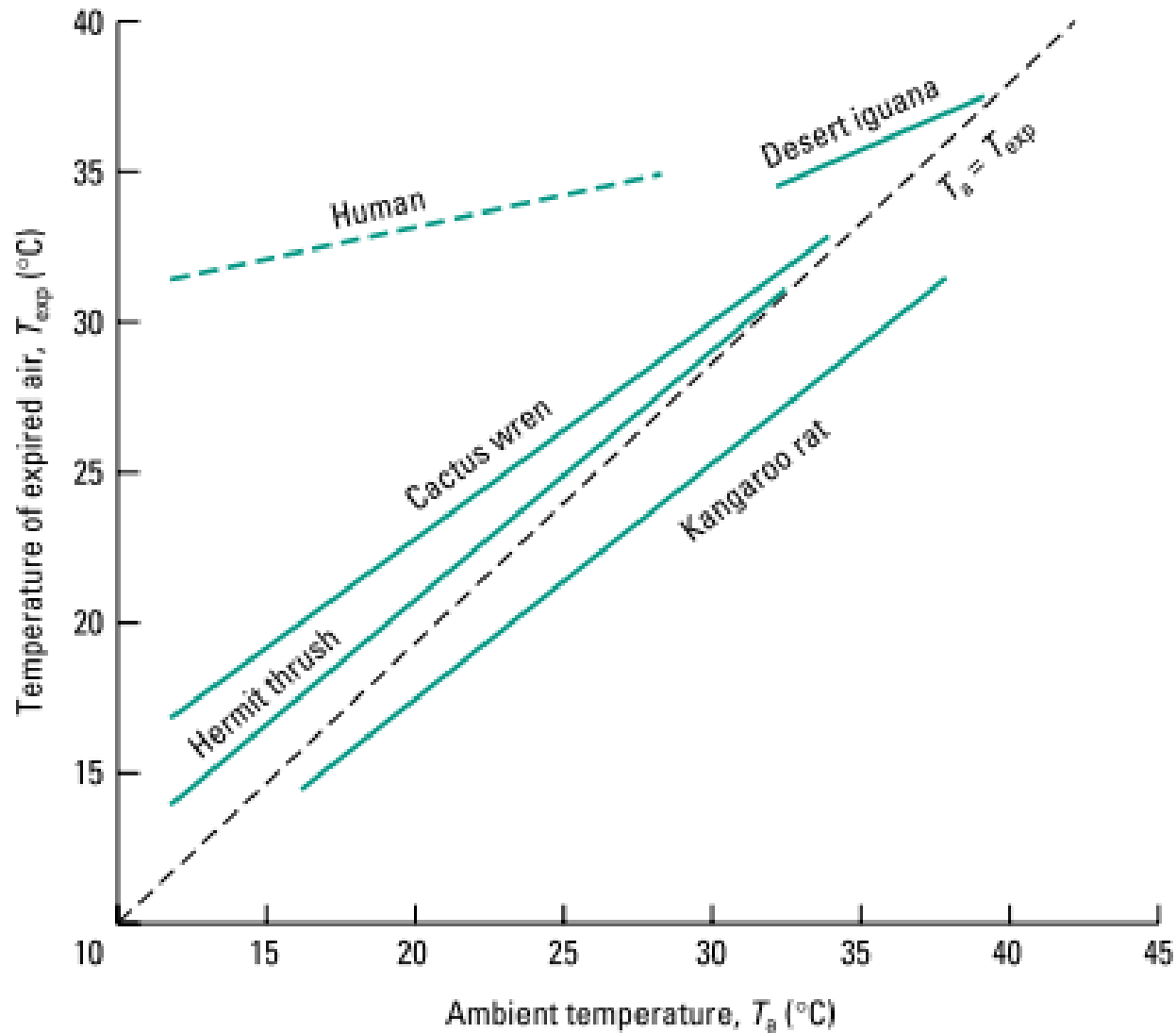


Fig. 16.20 Temperature of expired air (T_{exp}) in desert vertebrates; it is substantially below air temperature (T_a), allowing significant water saving (water condensing in the nose). (Data from Murrish & Schmidt-Nielsen 1970; Schmidt-Nielsen *et al.* 1970b; and other sources.)



Controle Hídrico

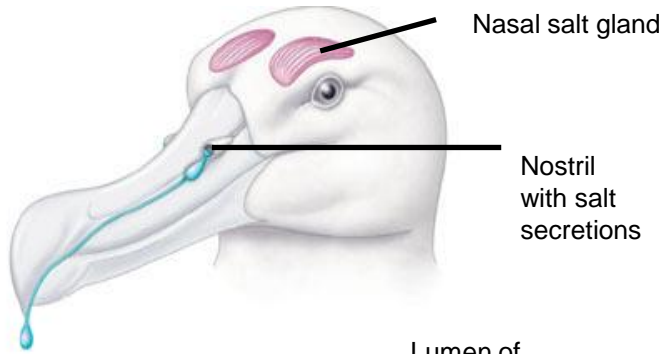
- Excreção de excesso de sais

TABELA 11.5 Secreções das Glândulas de Sal dos Sauropsida

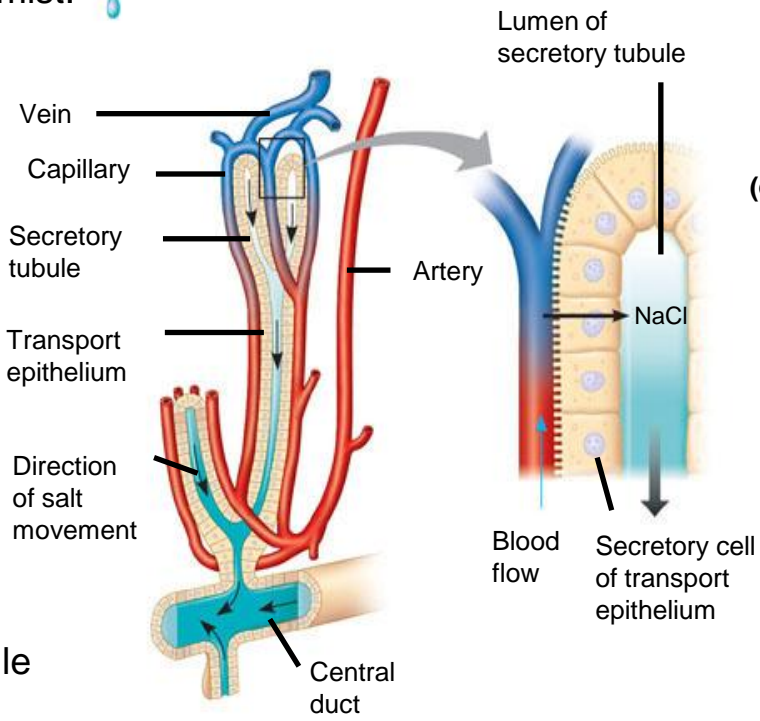
Espécies e Condições	Concentração iônica (mmole • Kg ⁻¹)		
	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
Tartarugas			
Tartaruga marinha (<i>Caretta caretta</i>), água do mar	732-878	18-31	810-992
Cágados "dorso-de-diamante" (<i>Malaclemys terrapin</i>), água do mar	322-908	26-40	N/R
Lagartos			
Iguana do deserto (<i>Dipsosaurus dorsalis</i>), condições estimadas em campo	180	1700	1000
Lagarto "Fringe-toed" (<i>Uma scoparia</i>), condições estimadas em campo	639	734	465
Serpentes			
Serpente marinha (<i>Pelamis platurus</i>), sal armazenado	620	28	635
Serpente Homalopsine (<i>Cerberus rhynchops</i>), sal armazenado	414	56	N/R
Crocodilianos			
Crocodilo marinho (<i>Crocodylus porosus</i>), dieta natural	663	21	632
Aves			
Albatroz (<i>Diomedea nigripes</i>), sal armazenado	800-900	N/R	N/R
Gaivota (<i>Larus argentatus</i>), sal armazenado	718	24	N/R



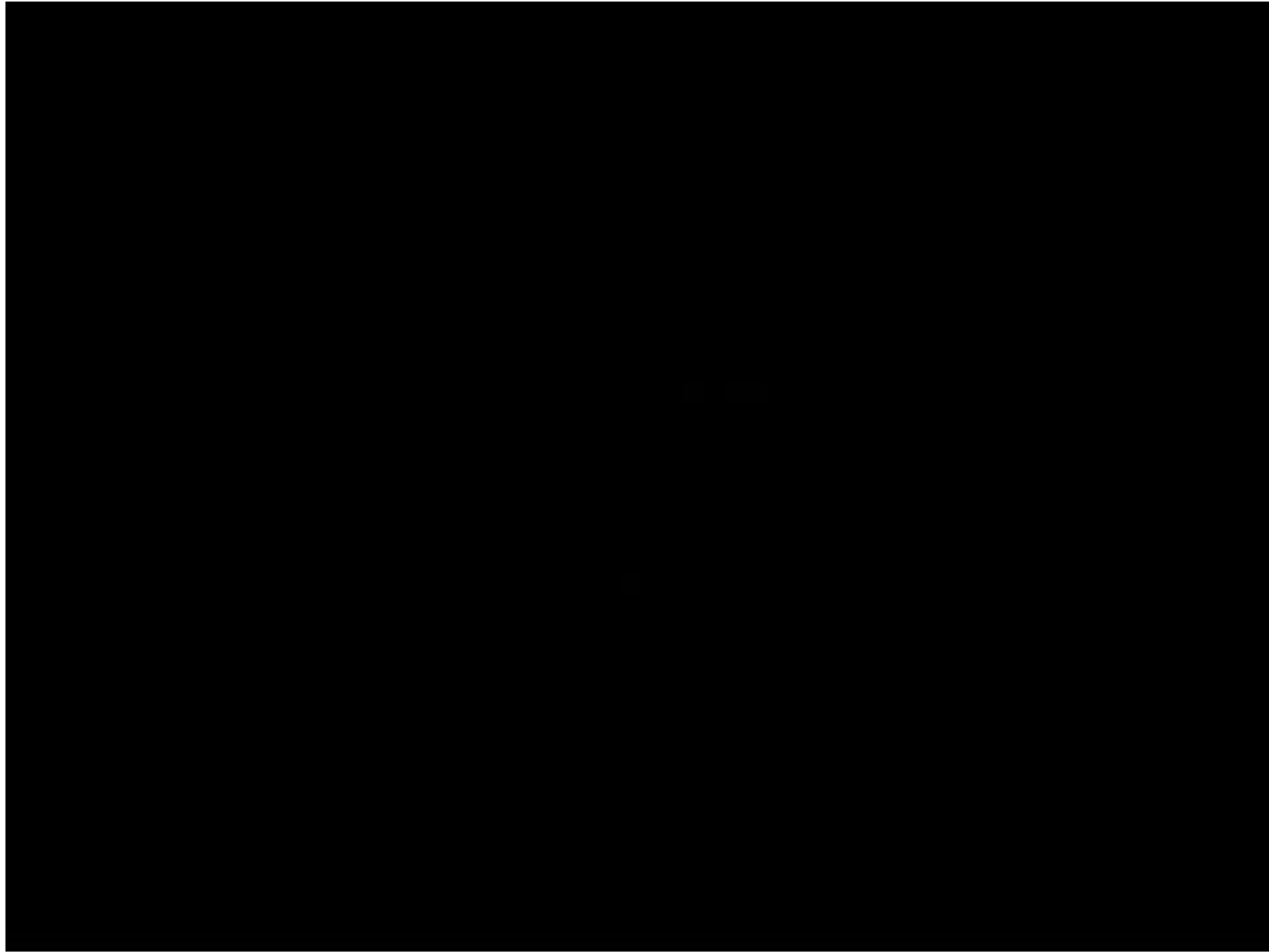
(a) An albatross's salt glands empty via a duct into the nostrils, and the salty solution either drips off the tip of the beak or is exhaled in a fine mist.



(b) One of several thousand secretory tubules in a salt-excreting gland. Each tubule is lined by a transport epithelium surrounded by capillaries, and drains into a central duct.

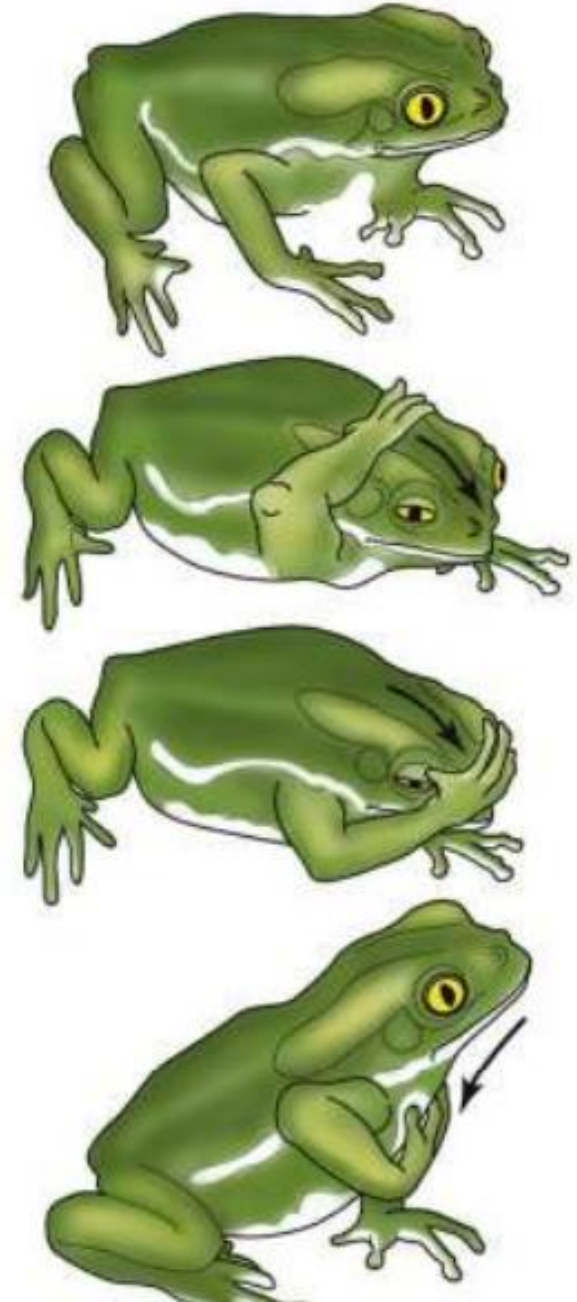


(c) The secretory cells actively transport salt from the blood into the tubules. Blood flows counter to the flow of salt secretion. By maintaining a concentration gradient of salt in the tubule (aqua), this countercurrent system enhances salt transfer from the blood to the lumen of the tubule.





Produção de cera





Depressão Metabólica

- Anfíbios em desertos



Estivação em *Cyclorana australis* com um fino casulo de pele que reduz a perda de água por evaporação.



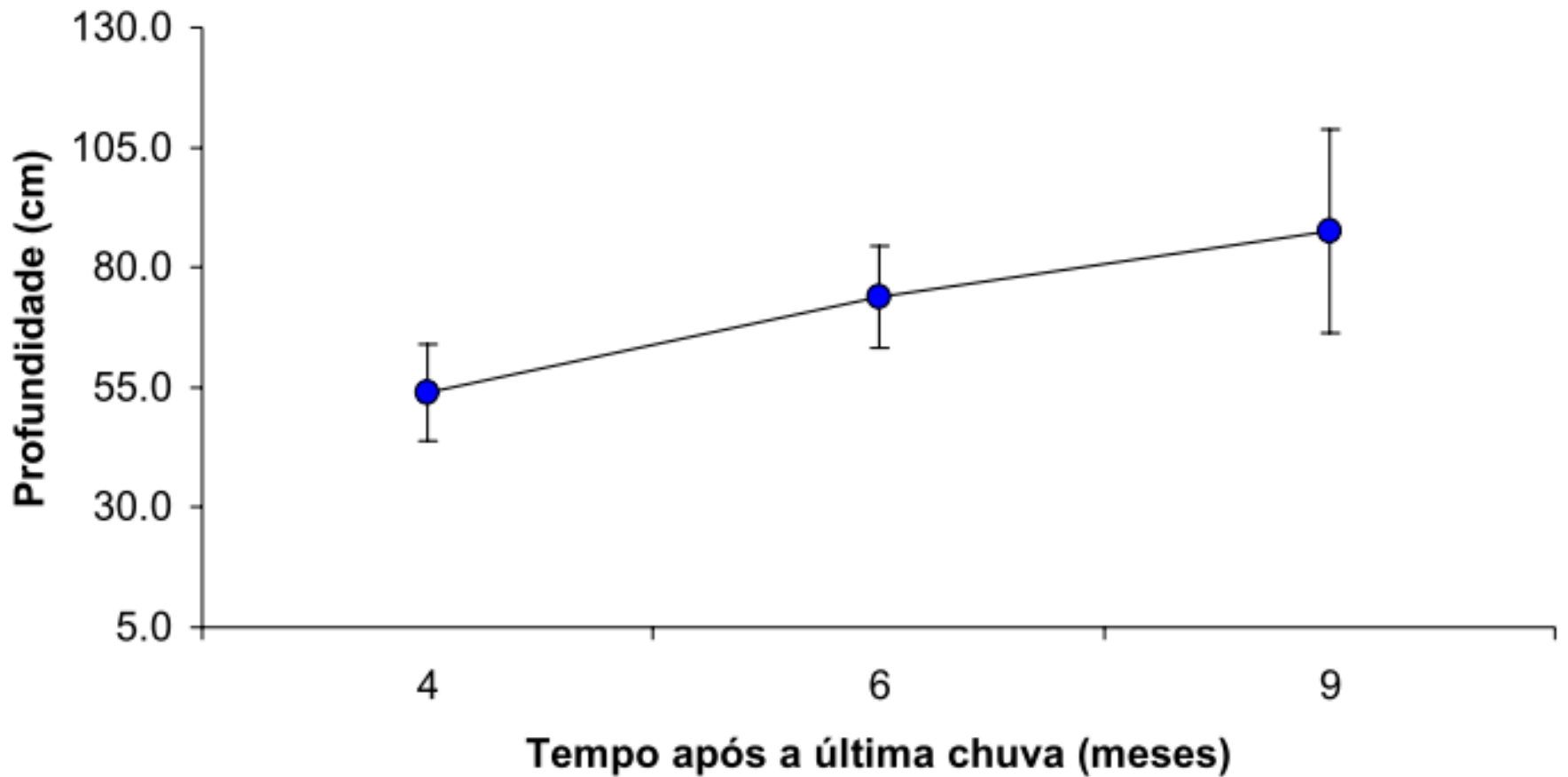
Depressão Metabólica



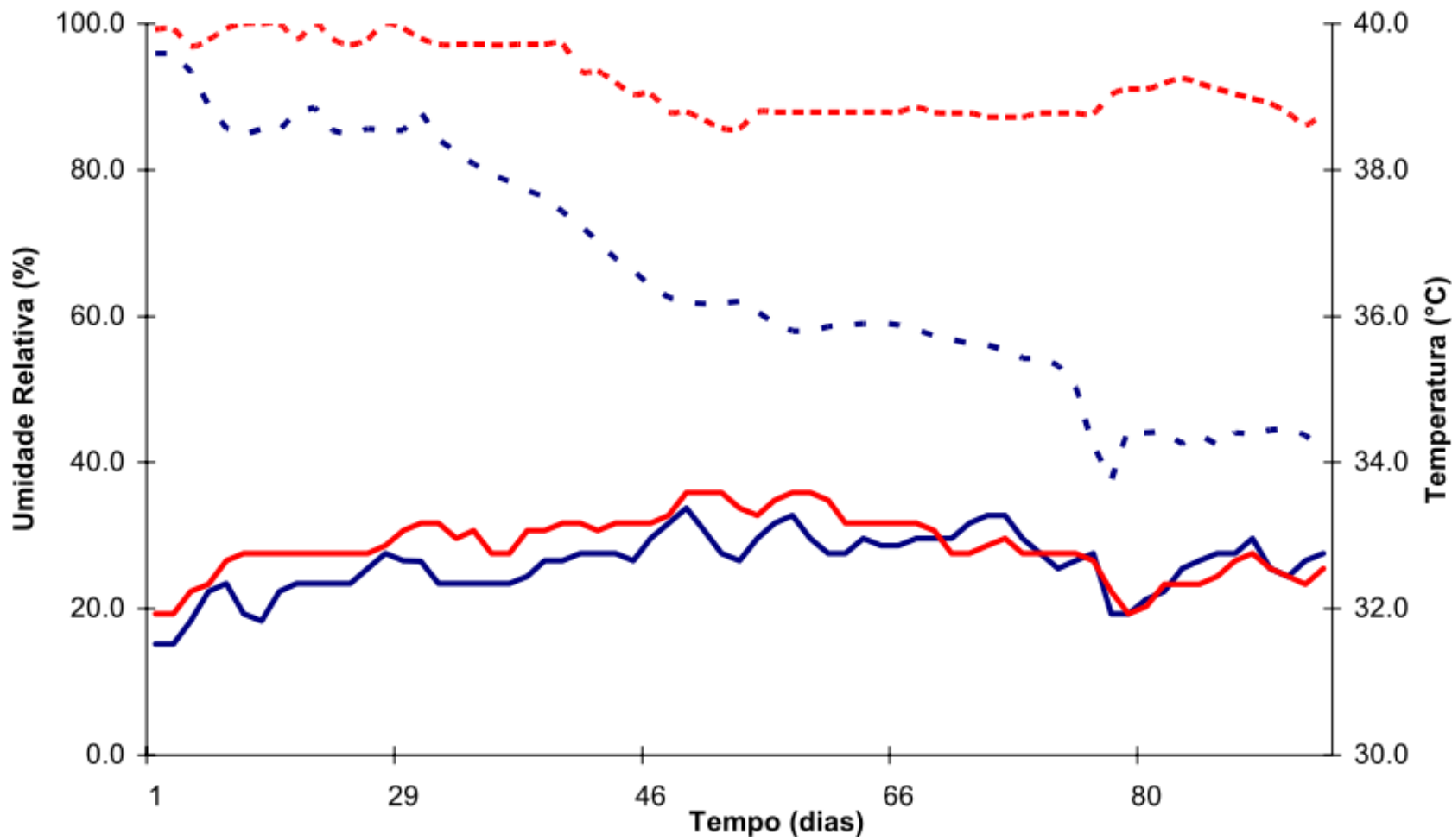
Caatinga em Rio Grande do Norte



Pleurodema diplolistris



Profundidade em que os indivíduos de *Pleurodema diplolistris* foram encontrados depois de 4, 6 e 9 meses após última chuva.

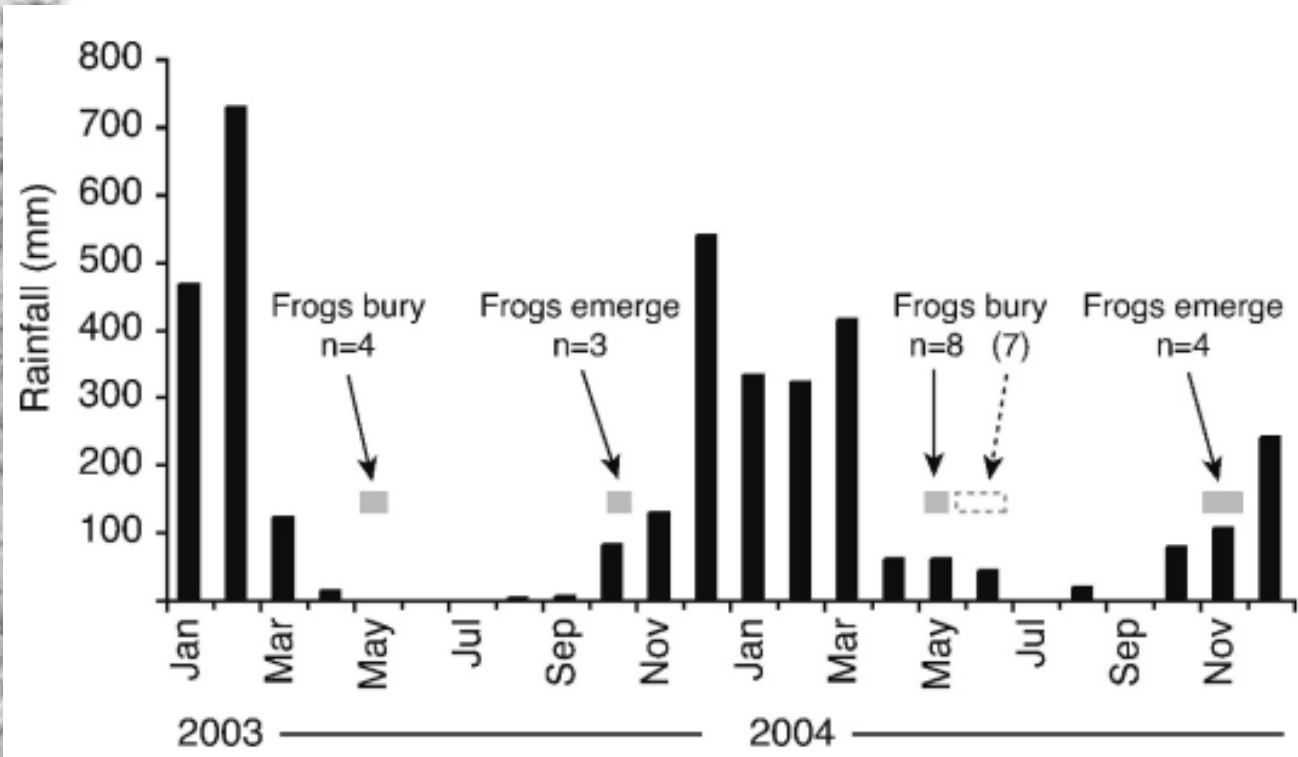


Umidade relativa (%) e temperatura (°C) medidas a 40 e 80cm de profundidade no solo do local onde foram coletados indivíduos de *P. diplolistris* durante 90 dias na estiagem de 2006



Ecology of Aestivation in a Cocoon-forming Frog, *Cyclorana australis* (Hylidae)

CHRISTOPHER R. TRACY, STEPHEN J. REYNOLDS, LORRAE McARTHUR, C. RICHARD TRACY, AND
KEITH A. CHRISTIAN

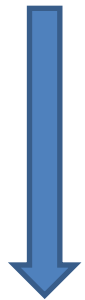




Depressão Metabólica

ESTIVAÇÃO

- Hipotermia controlada por períodos de vários dias ou mais durante o verão



- Necessidades alimentares
- Necessidades de O₂
- Necessidades de excreção

Dormência



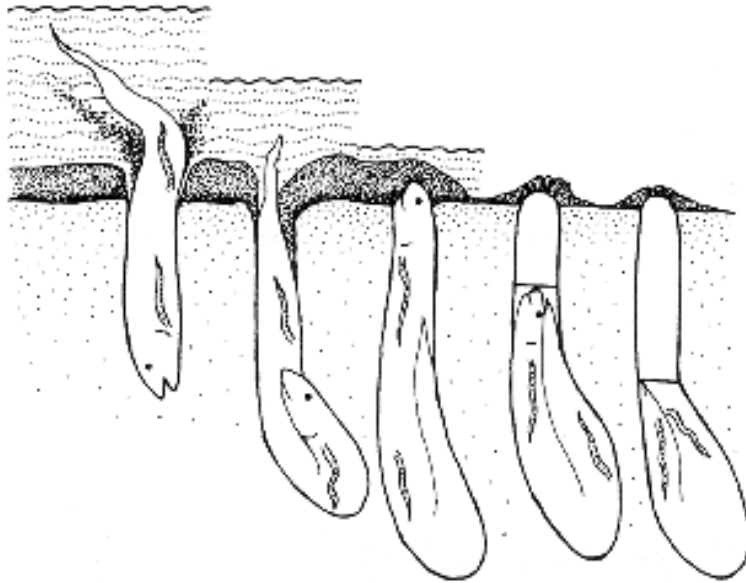
Estresse hídrico

Depressão Metabólica

ESTIVAÇÃO

- *Protopterus aethiopicus*
- *Lepidosiren paradoxa*

**Peixe
pulmonado
africano**
↓
**Formação de
casulo**



**Peixe
pulmonado
sul-americano**
↓
Não há casulo

As the water level falls lungfish burrow into the bottom mud to form a cocoon and aestivate through the dry season.



THE METABOLISM OF THE AESTIVATING AFRICAN LUNGFISH

P. A. JANSSENS

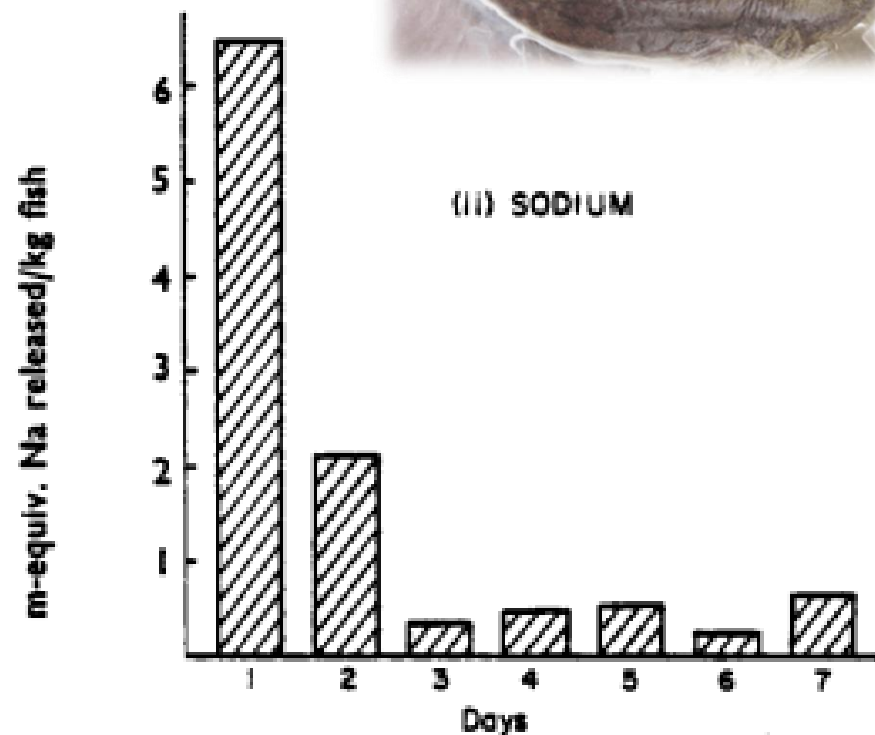
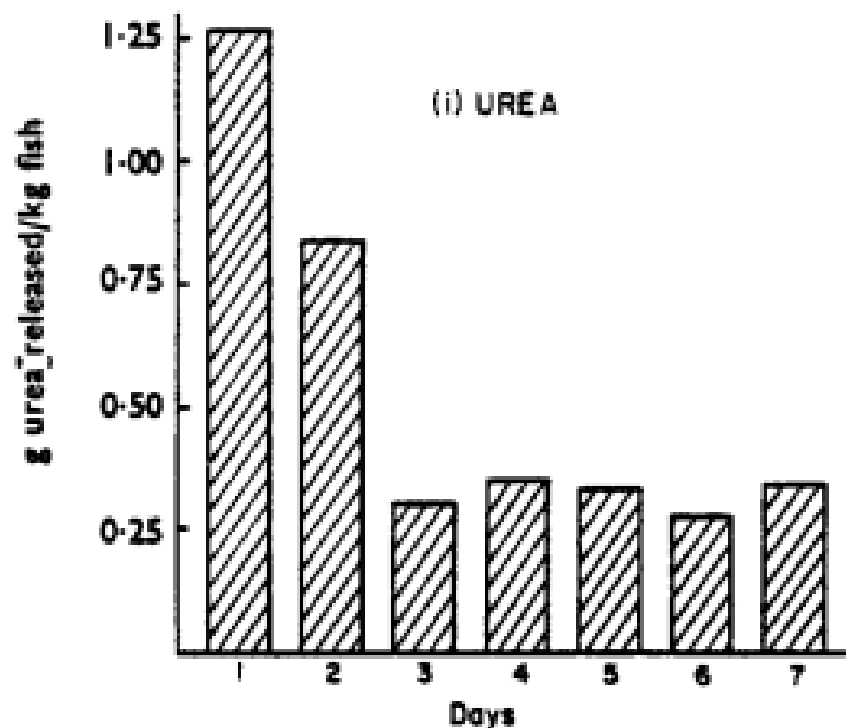
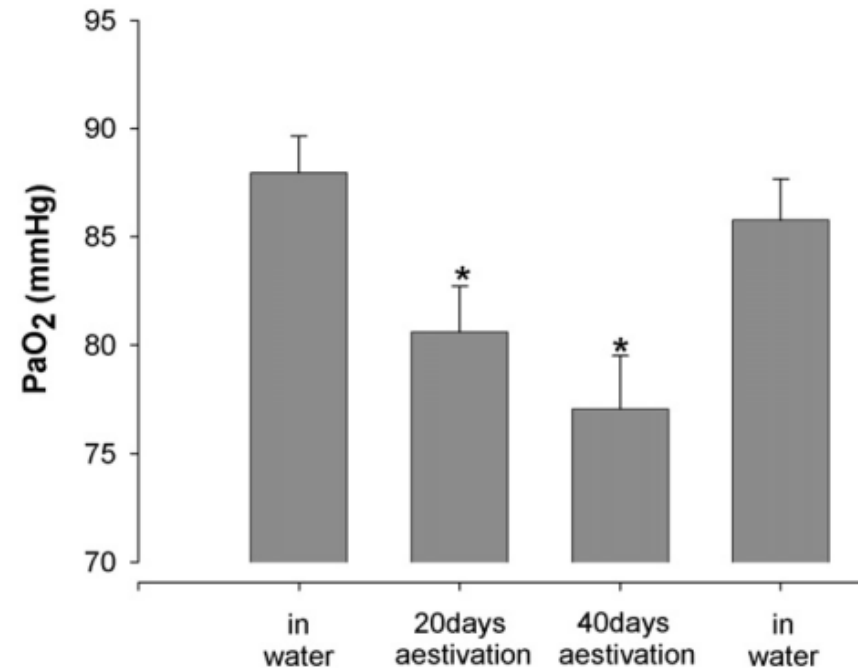
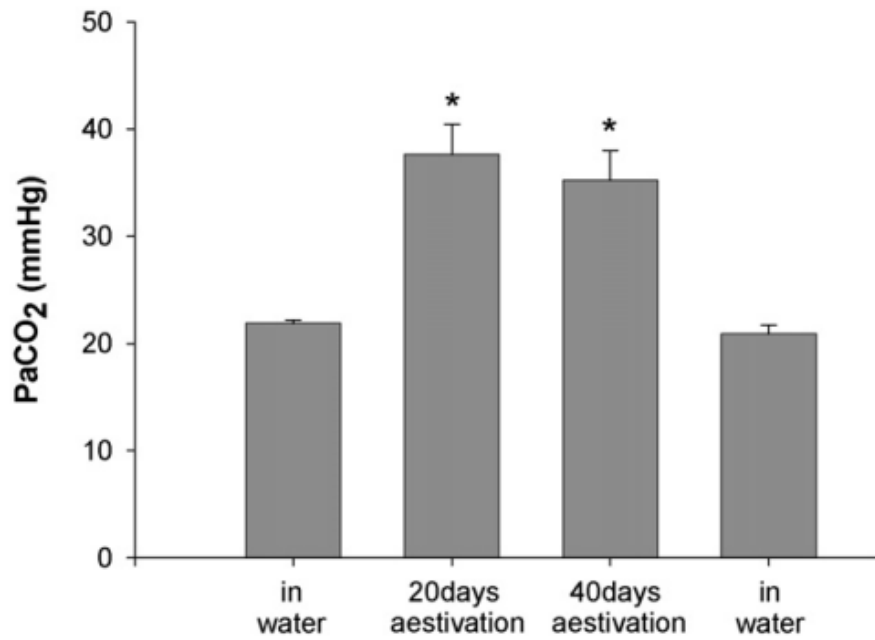


FIG. 1. Urea (i) and sodium (ii) released by *Protopterus* on the first 7 days after termination of aestivation.



Aestivation in the South American lungfish, *Lepidosiren paradoxa*: Effects on cardiovascular function, blood gases, osmolality and leptin levels

Glauber dos Santos Ferreira da Silva, Humberto Giusti, Adriana Paula Sanchez, Jussara Márcia do Carmo, Mogens Lesner Glass*





AESTIVATION OF THE AFRICAN LUNGFISH *PROTOPTERUS AETHIOPICUS*: CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY FUNCTIONS

By R. G. DELANEY, S. LAHIRI AND A. P. FISHMAN

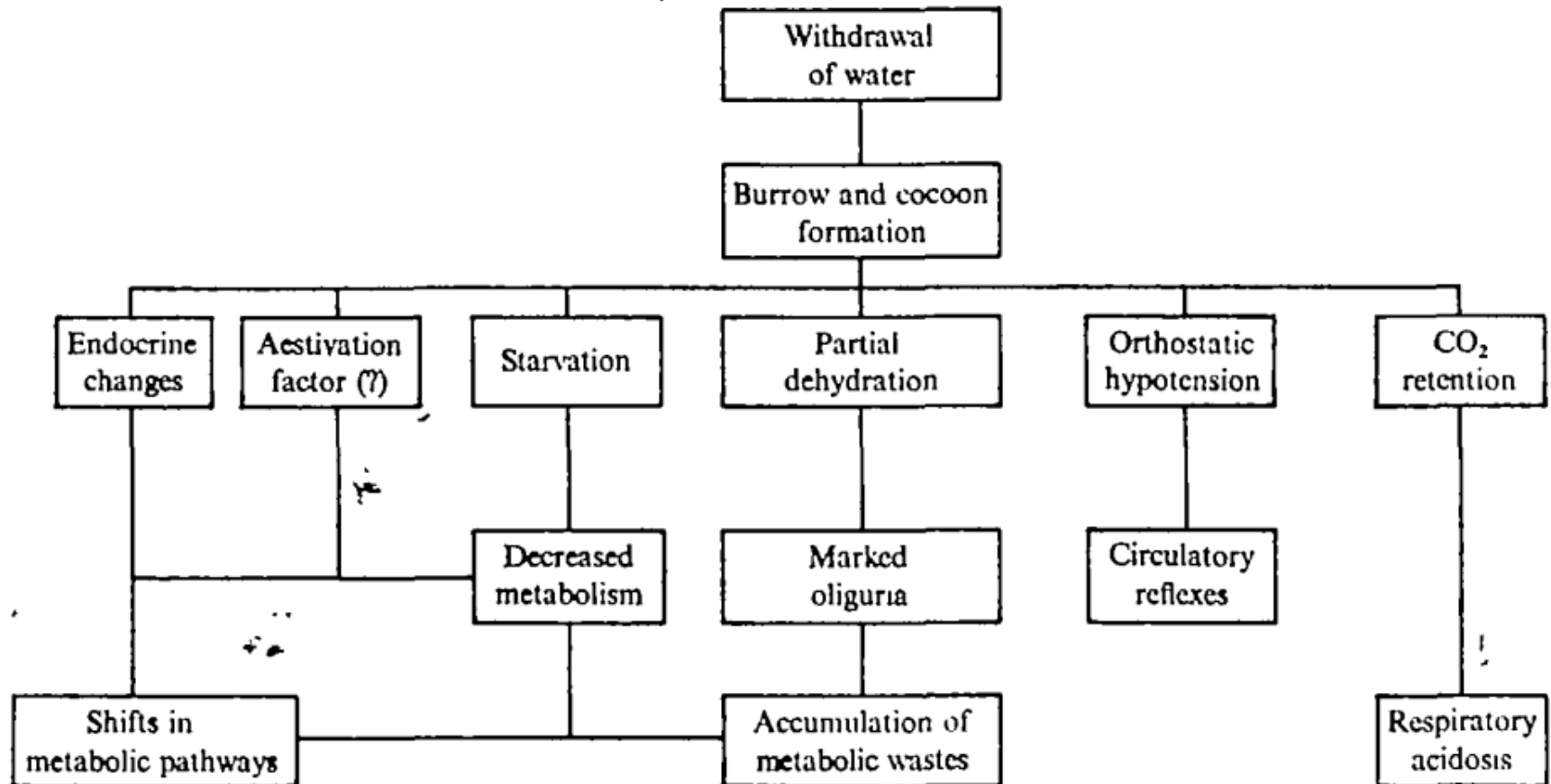


Fig. 10. Schematic representation of factors that may be involved in the genesis (and maintenance) of aestivation in *Protopterus*.



Obrigado!

danidani.ventura@gmail.com
thiagomatosprado@yahoo.com.br