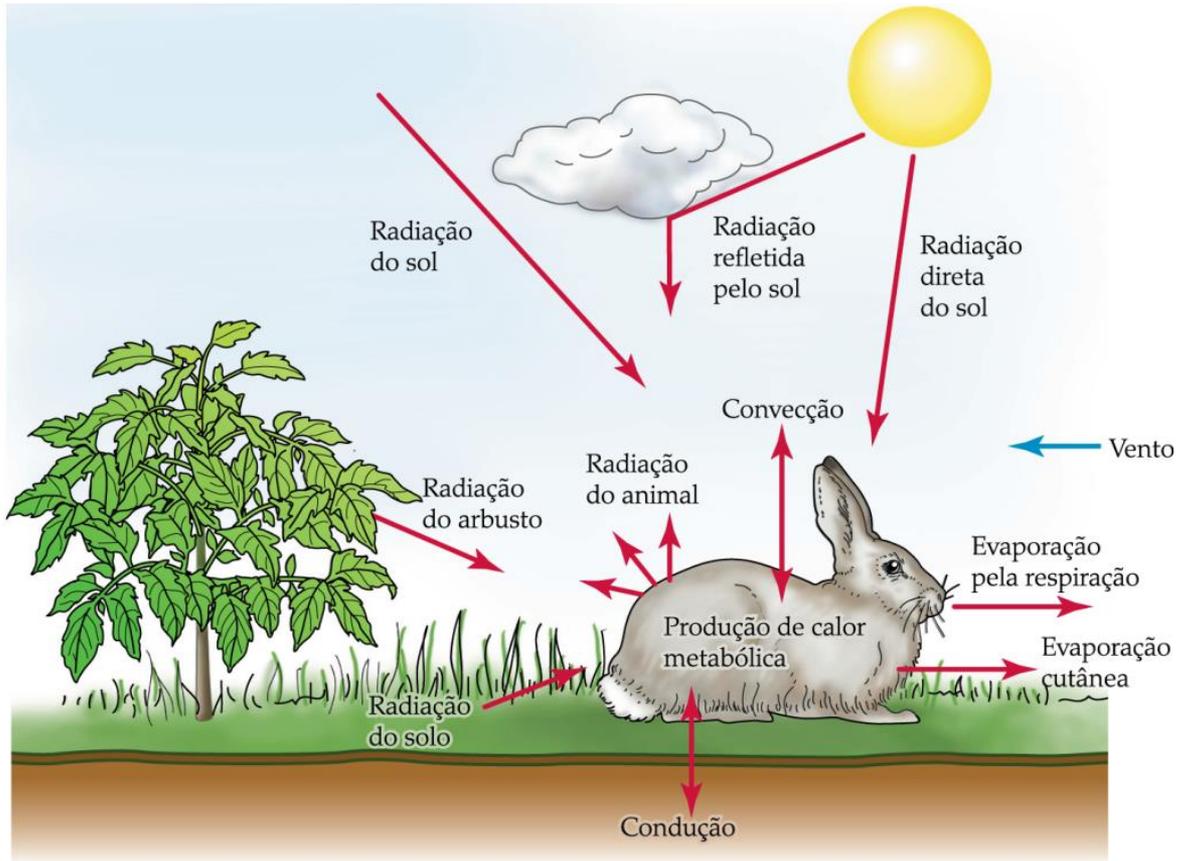
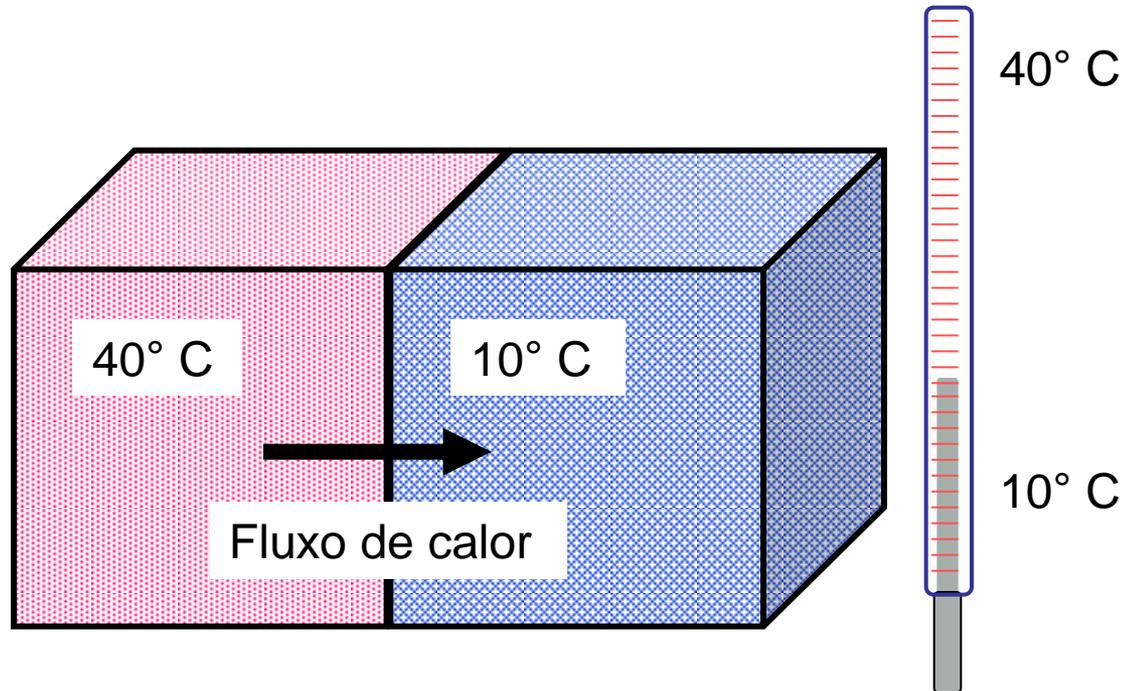


Termorregulação



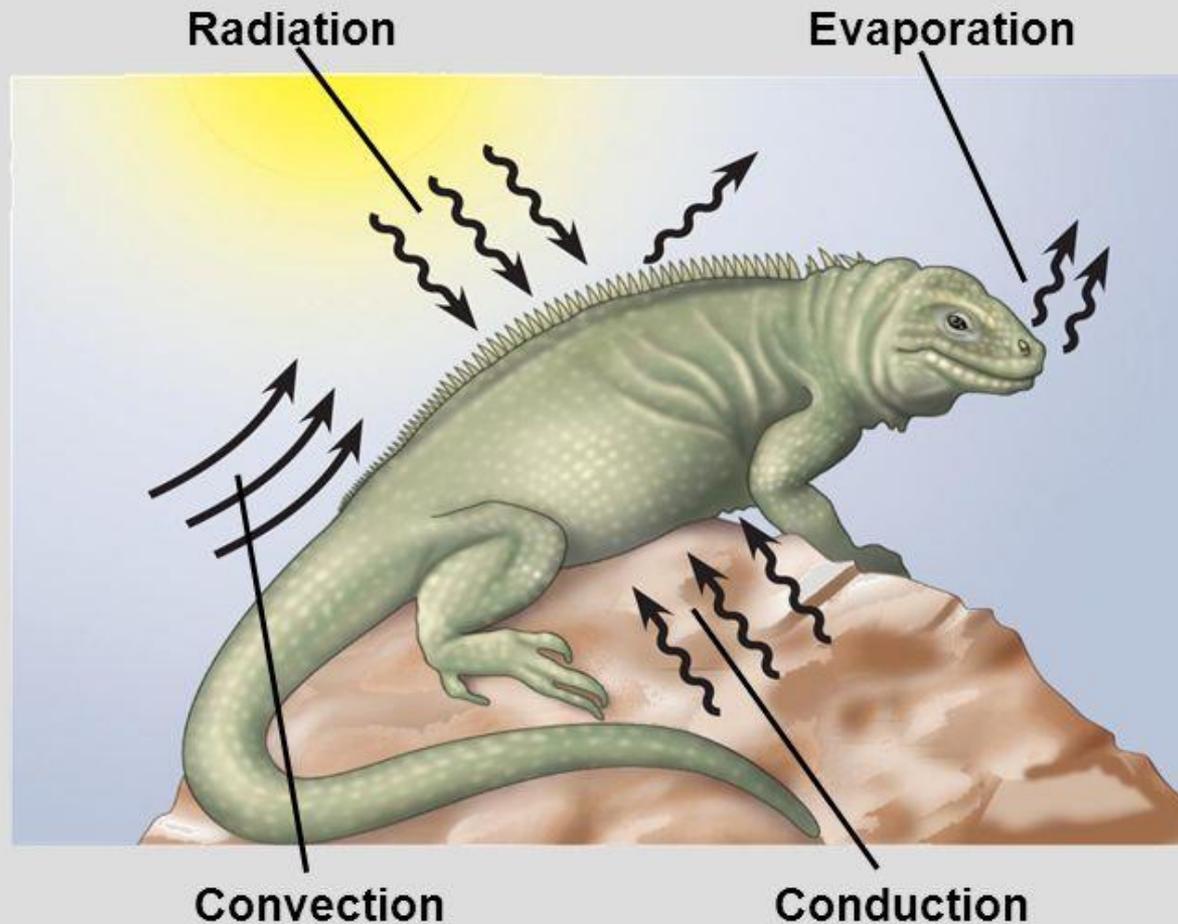
Temperatura: Medida da intensidade da energia cinética média dos átomos e moléculas.

Calor: Transferência de energia como resultado de um gradiente térmico entre um sistema e seus arredores.



Balancing Heat Loss and Gain

- Organisms exchange heat by four physical processes: conduction, convection, radiation, and evaporation



Condução por área

$$C_{\text{condução}} = k \frac{T_1 - T_2}{d} \quad (9.1)$$

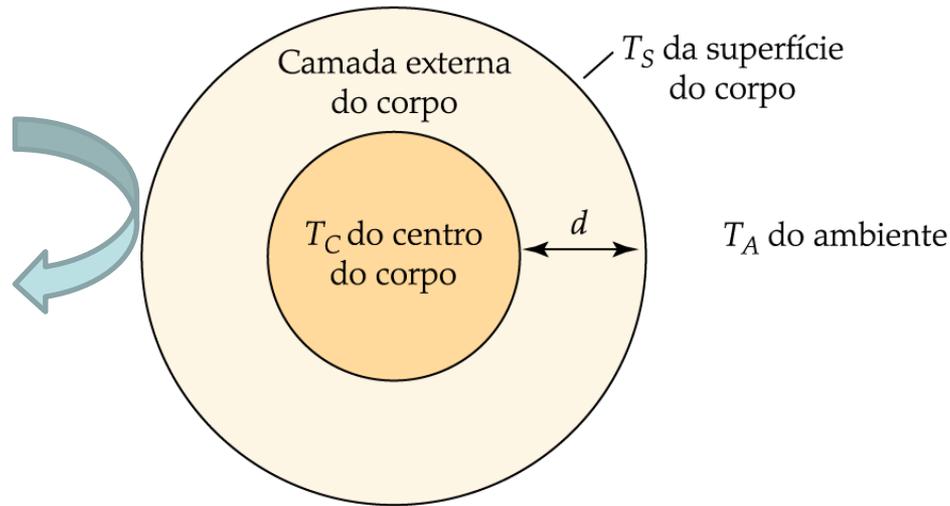


Figura 9.4 Um modelo do corpo de um animal mostrando temperaturas-chave O centro do corpo está na temperatura corporal T_C , enquanto o ambiente em volta está na temperatura ambiente T_A . A temperatura da superfície do corpo é T_S . A camada externa do corpo, separando o centro do corpo da superfície, tem a espessura d .

$$C_{\text{convecção}} = h_C (T_S - T_A)$$

Coeficiente de convecção: $h_C = \sqrt{V} \div \sqrt{D}$

Onde V = velocidade do fluido e D = diâmetro do cilindro.

Calor latente de evaporação: Quantidade de calor necessária para evaporar H₂O

São necessárias 100 cal para aquecer 1g de água de 0°C para 100°C, enquanto a mudança de 1 g de água do estado líquido para vapor requer 570 a 595 cal!

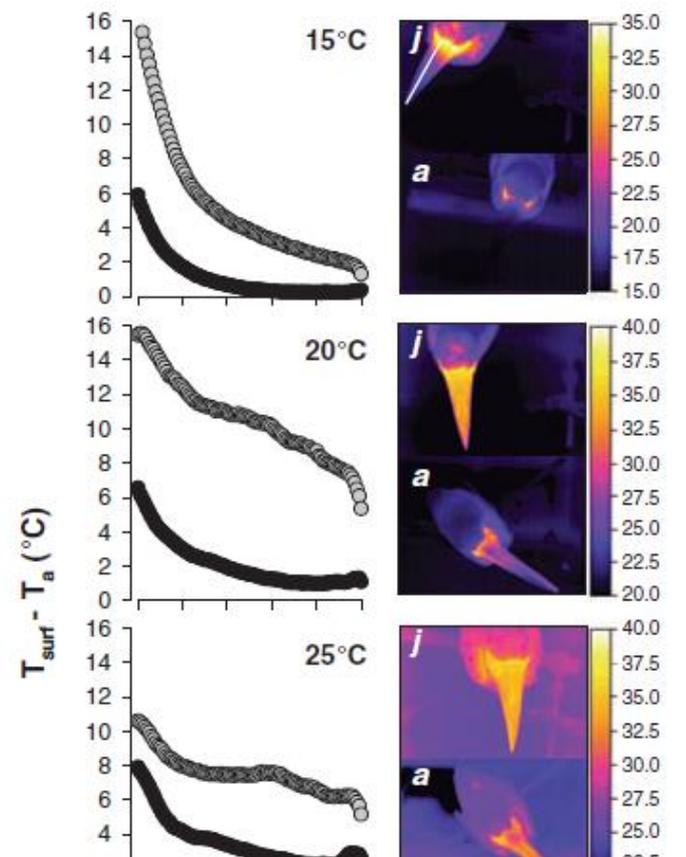
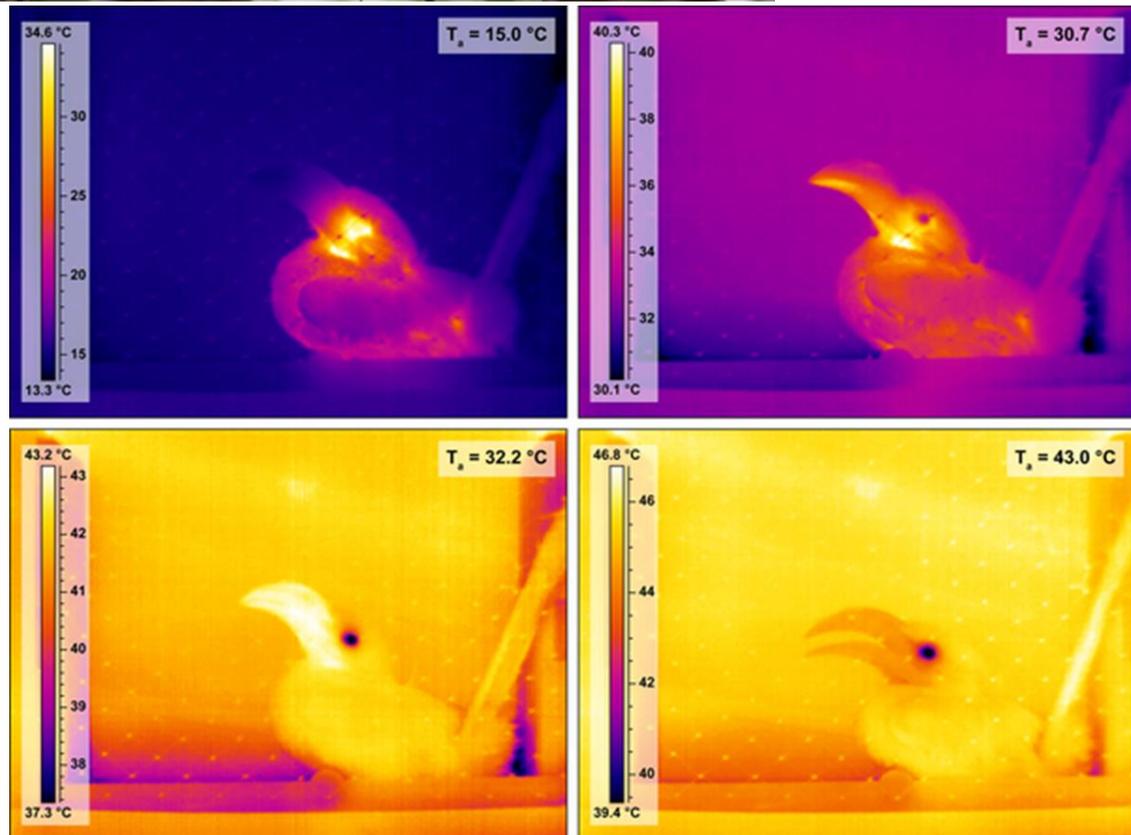


O aumento do fluxo sanguíneo para as orelhas aumenta a intensidade de emissão de radiação eletromagnética



Forma alternativa à evaporação, representando economia de água!

Figura 9.5 Uma lebre antílope (*Lepus alleni*) Esta espécie de lebre é encontrada principalmente em planícies do deserto de baixa altitude ao sul do Arizona e norte do México.





A variação da temperatura corpórea e a capacidade para a produção de calor endógeno são utilizados na classificação metabólica dos animais



Variação da temperatura corporal

Homeotermo: Mantém temperaturas corpóreas constantes

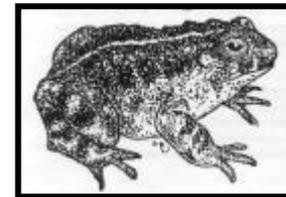
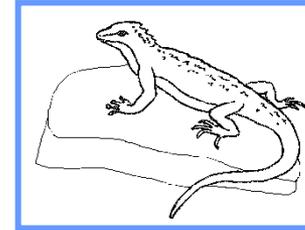
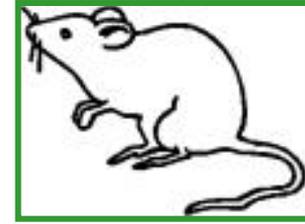
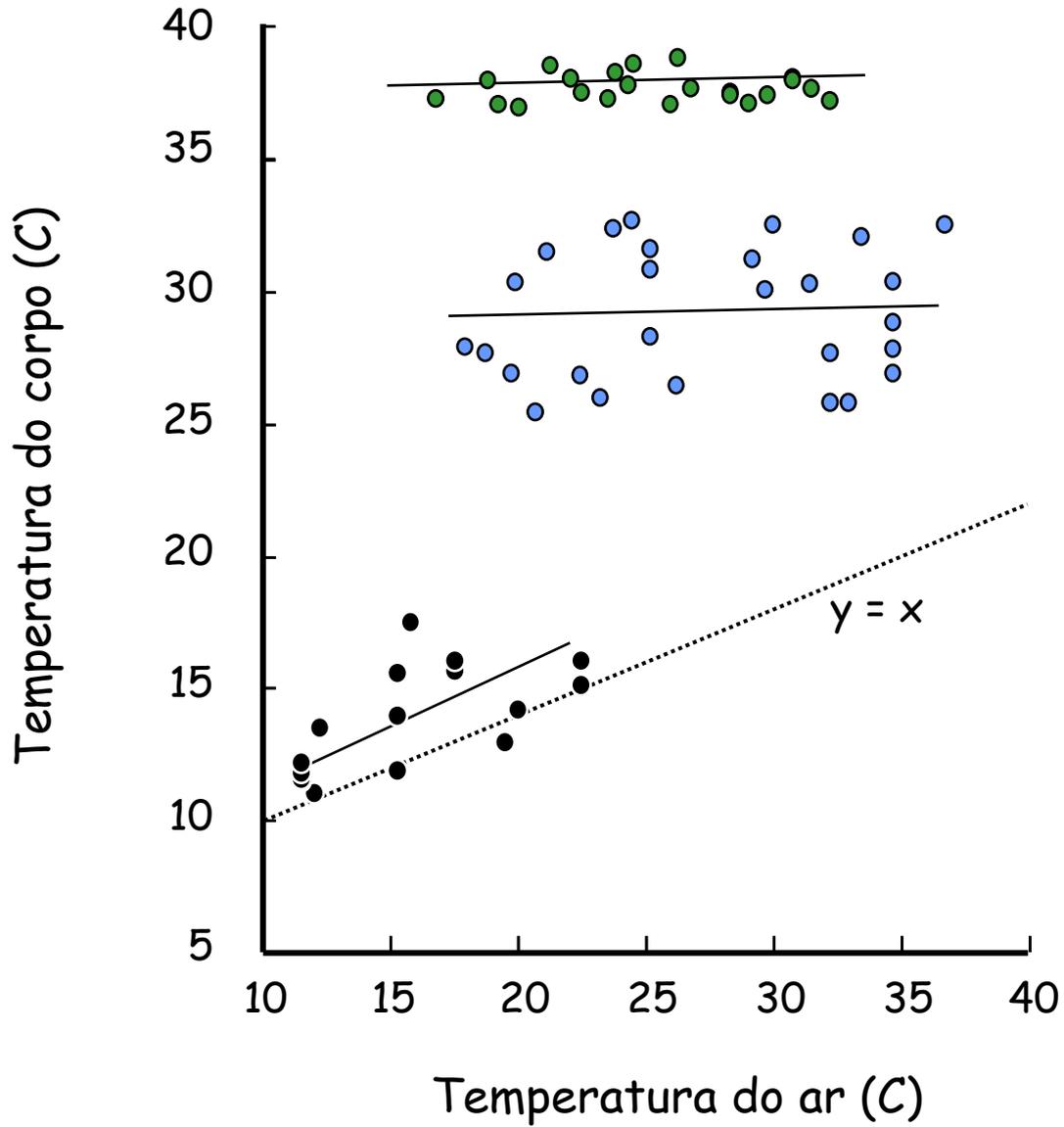
Pecilotermo: Experimentam mudanças significativas na temperatura corpóreas.

Fontes de calor utilizadas na termorregulação

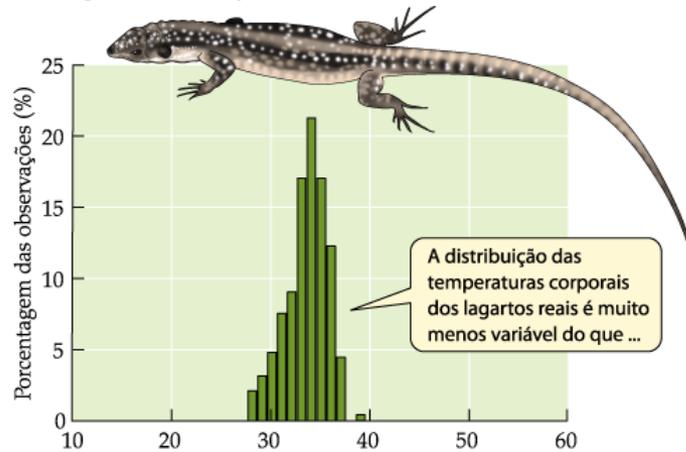
Endotermo: O balanço térmico é conseguido principalmente através do controle das fontes endógenas de calor

Heterotermo: Endotermos facultativos. Existem os heterotermos temporais e os heterotermos regionais.

Ectotermo: O balanço térmico envolve fontes exógenas de calor como radiação solar (Termorreguladores) ou toleram passivamente as flutuações de temperatura do ambiente



(a) Temperaturas dos lagartos reais



(b) Temperaturas dos modelos de lagartos

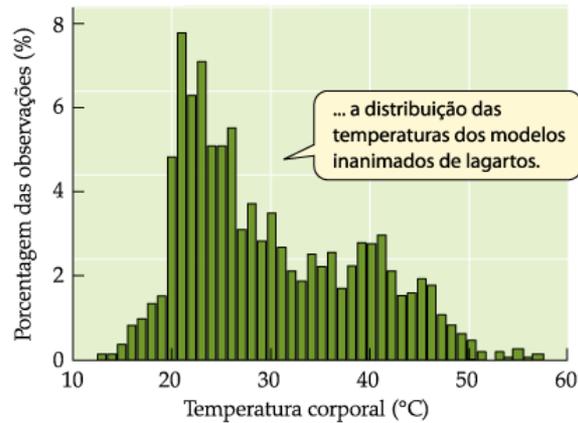
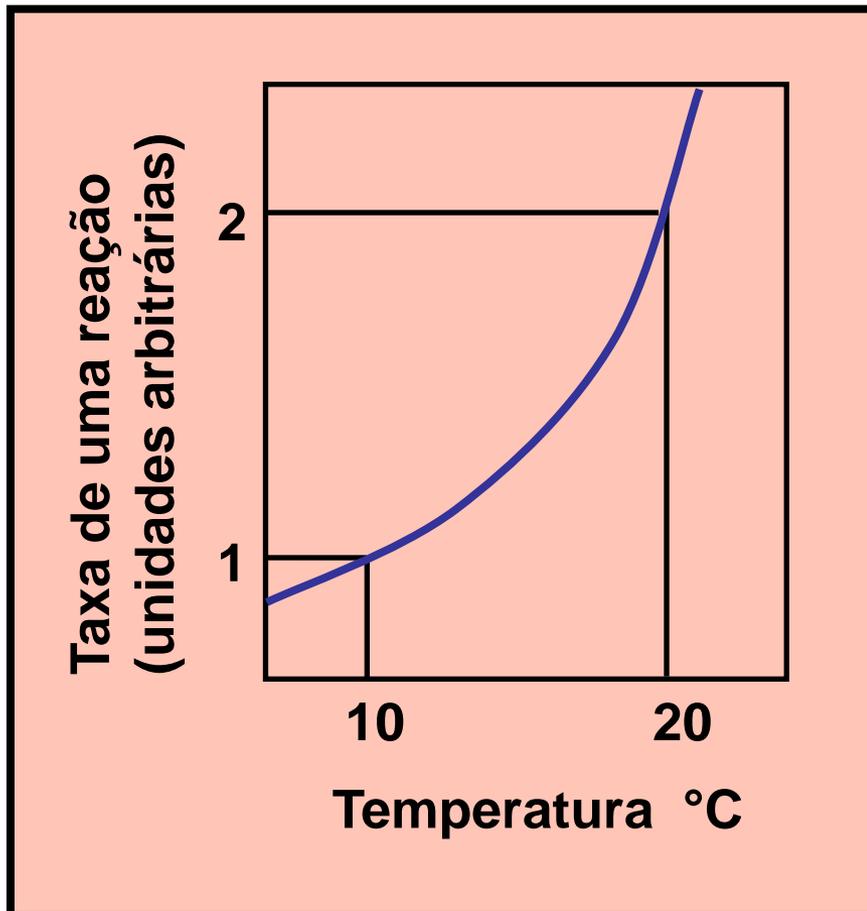


Figura 9.8 A termorregulação comportamental documentada pela comparação dos lagartos reais com os modelos de lagartos inanimados Várias medidas durante o dia das temperaturas corporais dos lagartos reais (a) e dos modelos de lagartos inanimados (b) foram feitas. Os lagartos (*Padarcis hispanica*) estavam vivendo livremente em uma ilha mediterrânea. Os modelos de lagartos foram colocados de modo mais abrangente possível em todos os vários micro-habitats disponíveis aos lagartos reais durante as suas atividades ao longo do dia na mesma ilha. Os dados no eixo y são as porcentagens de todas as observações em vários intervalos de 1°C de temperatura. (Adaptada de Bauwens et al., 1996.)

Mudança de uma taxa de reação bioquímica face a um aumento da temperatura

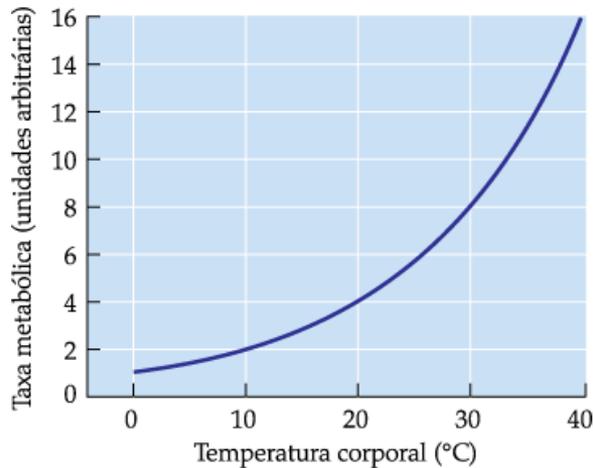


$$Q_{10} = \left(\frac{\text{Taxa } T_2}{\text{Taxa } T_1} \right)^{\left(\frac{10}{T_2 - T_1} \right)}$$

$$Q_{10} = \left(\frac{2}{1} \right)^{\left(\frac{10}{20-10} \right)} = \left(\frac{2}{1} \right)^1 = 2$$

Efeito da temperatura sobre as taxas metabólicas de ectotermos

(a) Gráfico em coordenadas lineares



(b) Gráfico em coordenadas semilogarítmicas

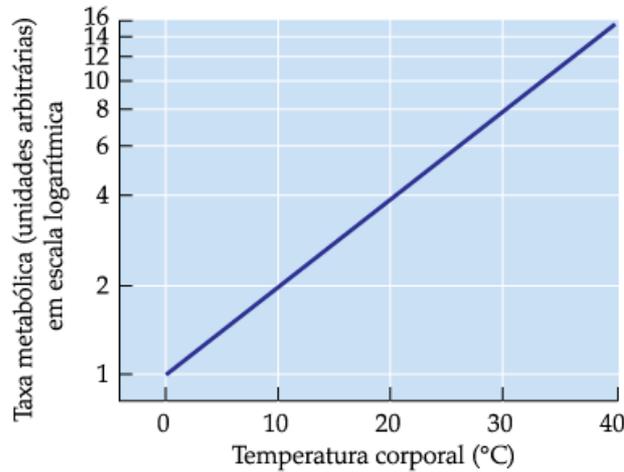
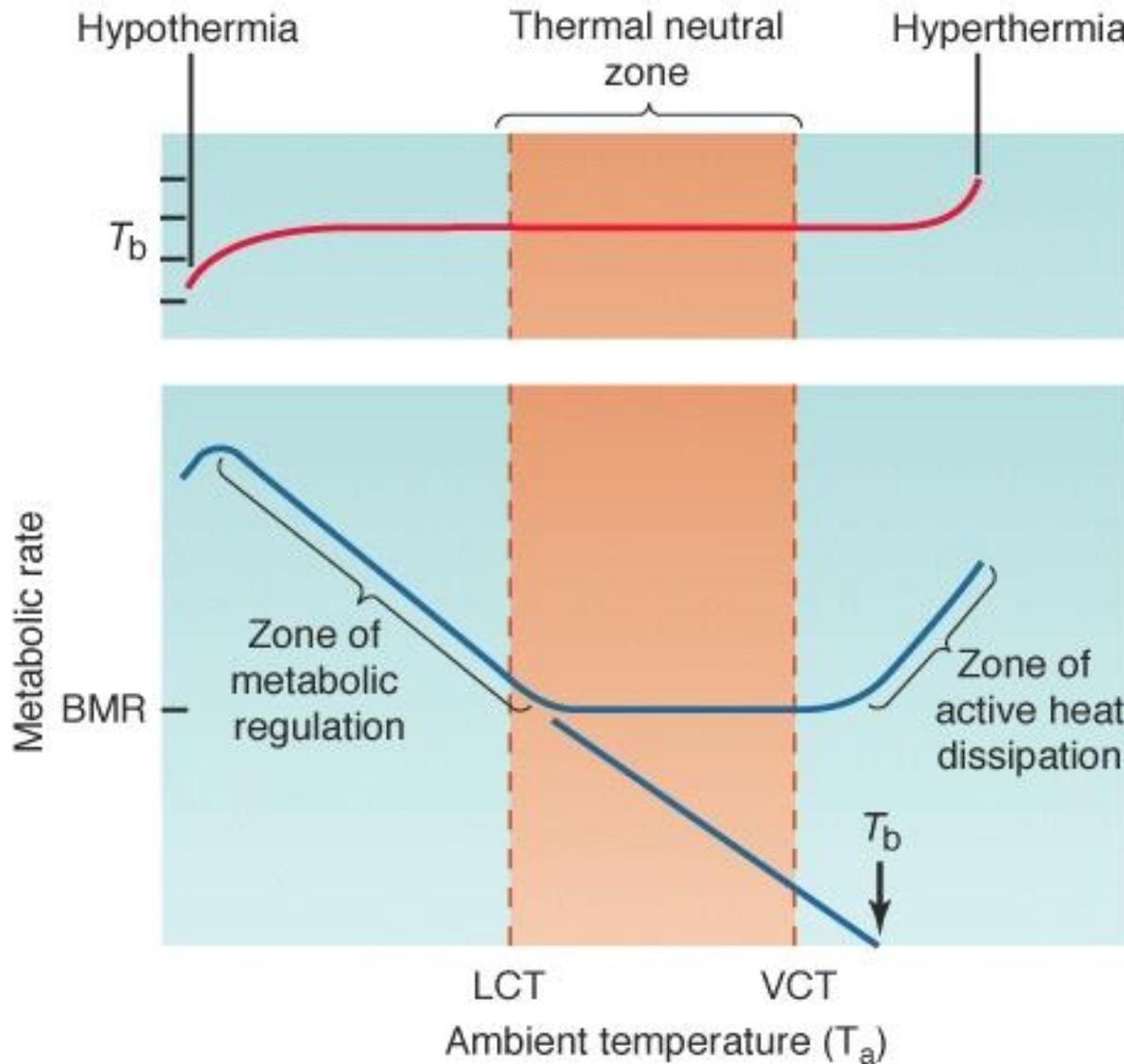


Figura 9.9 A relação exponencial entre a taxa metabólica e a temperatura corporal plotada de duas maneiras (a) Um gráfico no qual ambas as variáveis estão em escalas lineares. (b) Os mesmos dados do gráfico (a) em escala semilogarítmica enquanto a temperatura está em escala linear. A taxa metabólica está expressa em unidades arbitrárias em ambos os gráficos. Veja o Apêndice E para informações básicas sobre escalas logarítmicas.

Efeitos da temperatura nos animais

- Permeabilidade das membranas biológicas e sua capacidade de transporte
- Atividade de enzimas
- Velocidade de difusão de substratos metabólicos
- Taxa de trocas de gases respiratórios
- Produção de energia nas mitocôndrias
- Taxa metabólica celular e organismal
- Desempenho comportamental dos organismos
- Custo de manutenção dos indivíduos
- Tempo entre gerações

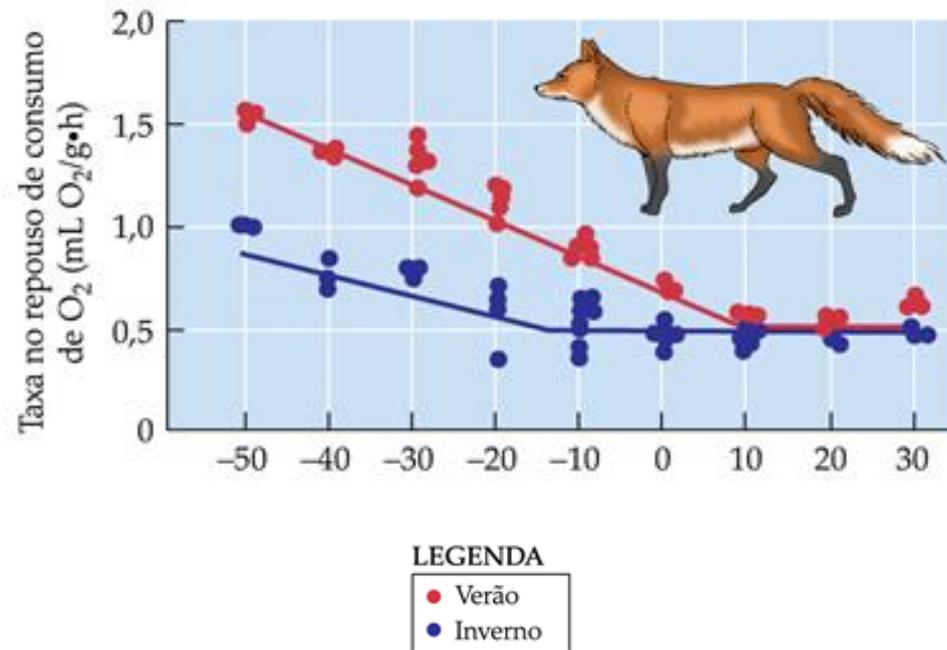
Efeito da temperatura sobre as taxas metabólicas de endotermos



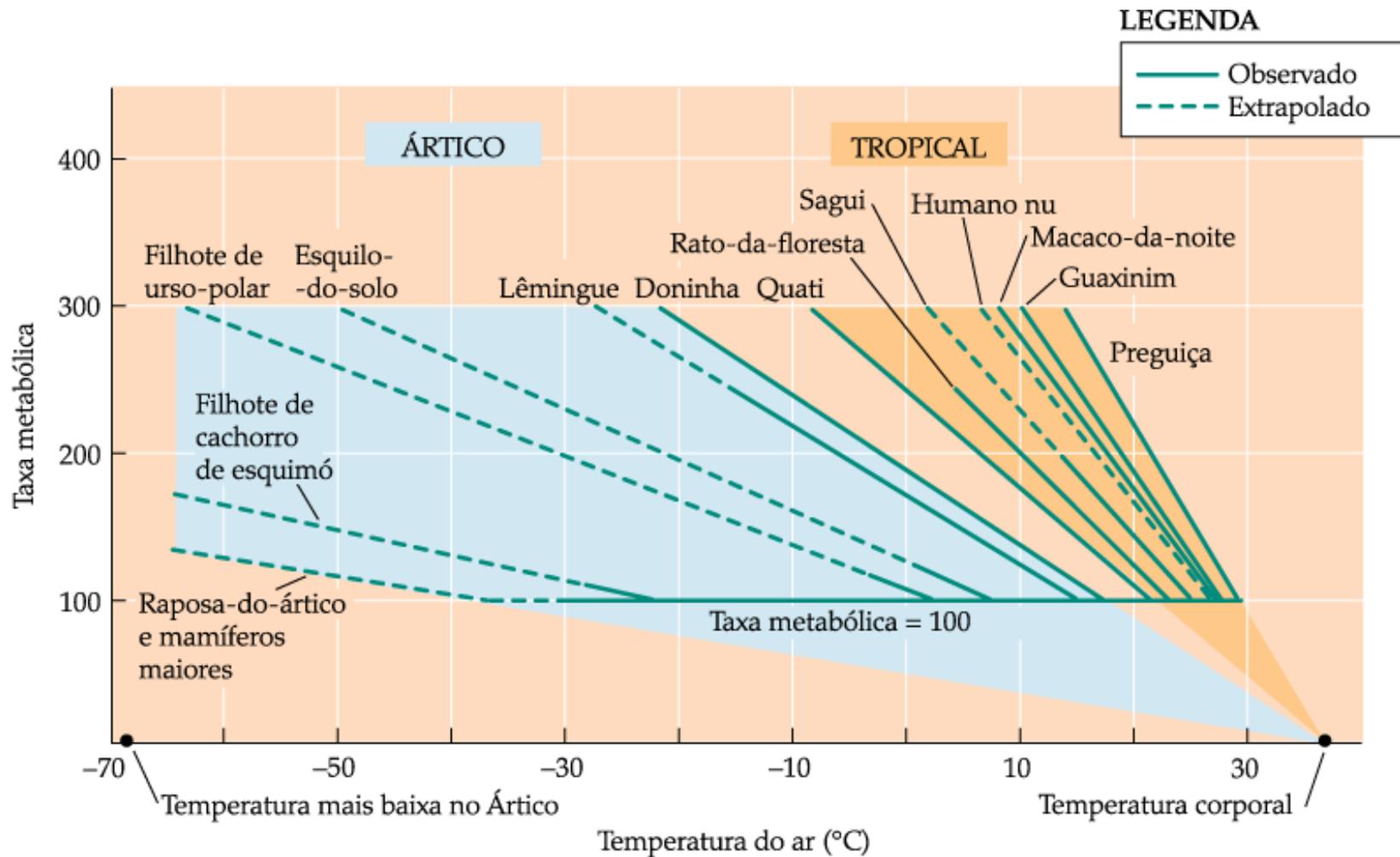
$$M = C (T_c - T_a)$$

Plasticidade fenotípica

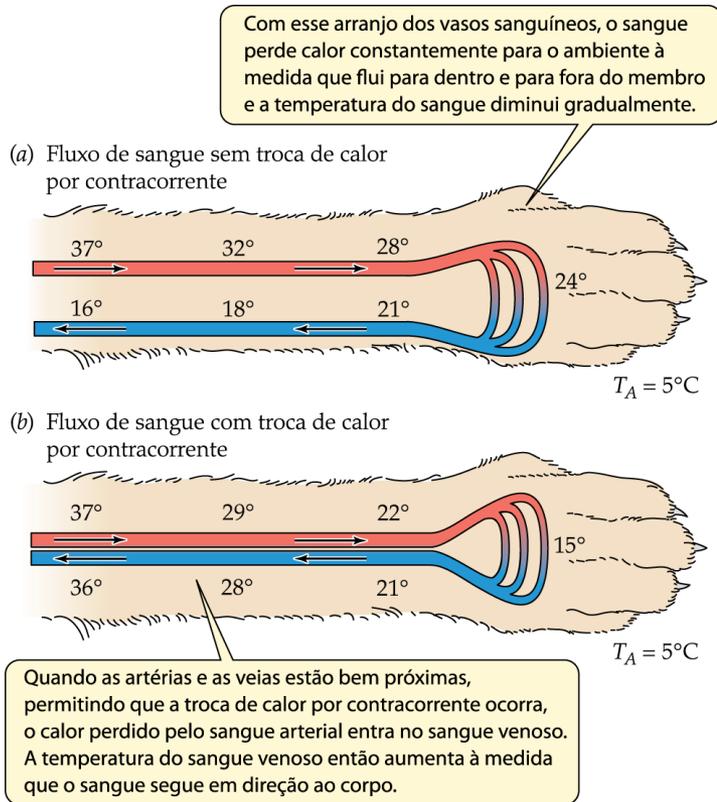
(b) Aclimatização do isolamento térmico na raposa-vermelha



Alterações evolutivas



Alterações evolutivas



<http://kingofwallpapers.com/caribou/caribou-007.jpg>

Figura 9.33 Fluxo sanguíneo com e sem troca de calor por contracorrente

As setas mostram o fluxo de sangue em ambas as partes. Todas as temperaturas estão em graus Celsius (°C). (a) Neste arranjo, que não permite a troca de calor por contracorrente, as veias (azul) trazendo sangue do membro estão logo abaixo da pele e separadas das artérias (vermelho) que levam sangue ao membro. (b) Neste caso, a troca de calor por contracorrente pode ocorrer porque as veias que trazem sangue do membro estão intimamente justapostas às artérias que levam sangue ao membro. Na parte (b), o sangue arterial é mais resfriado que na parte (a) por causa da proximidade com o sangue venoso frio. Além disso, em (b), mais calor é trazido para o corpo do que na parte a porque o calor que entra no sangue venoso é levado de volta para o corpo em vez de ser perdido para o ambiente.

Alterações evolutivas



<https://endangeredspeciesbiomesprojects.wikispaces.com/arabianoryx>

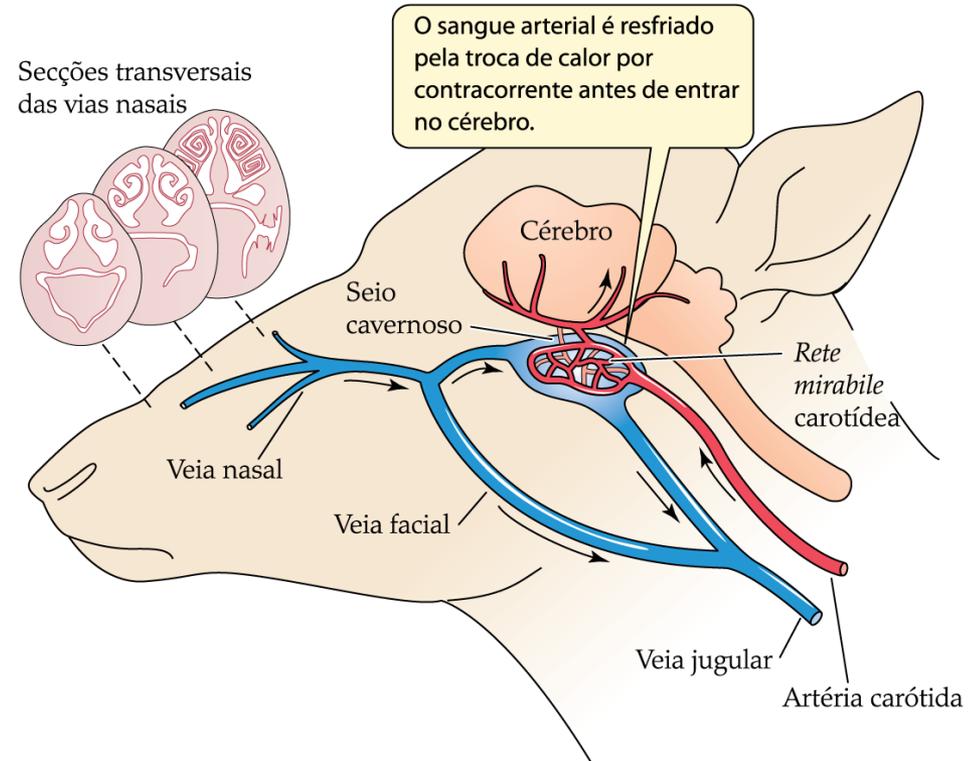
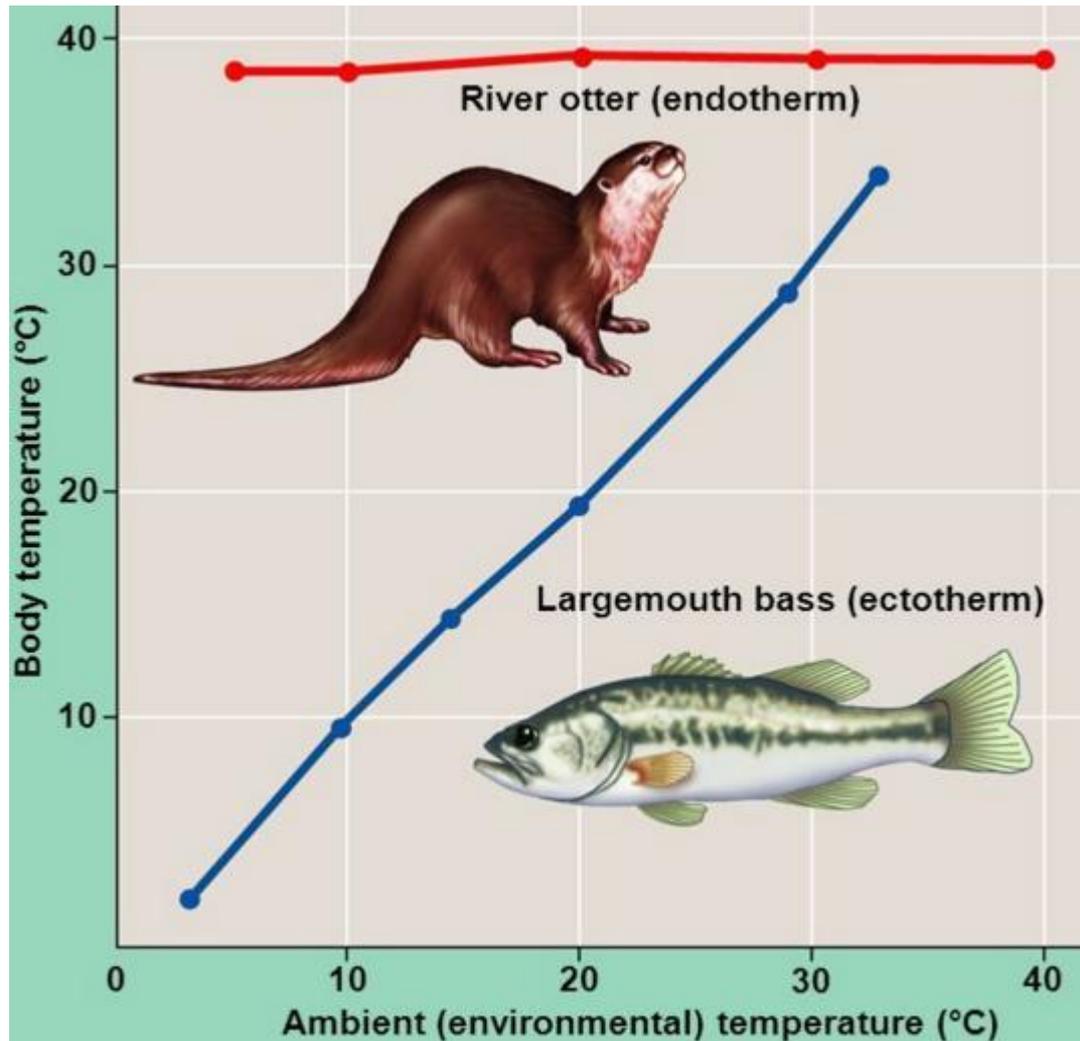


Figura 9.35 Estruturas hipoteticamente responsáveis pelo resfriamento do cérebro na ovelha e outros artiodáttilos A artéria carótida se ramifica e se anastomosa no seio cavernoso, formando a rede admirável (*rete mirabile*) carotídea. O sangue venoso das vias respiratórias superiores (p. ex., vias nasais) flui em volta dos vãos da rede carotídea. Os destaques acima do focinho mostram secções transversais representativas das vias nasais de um artiodáttilo (especialmente a rena), ilustrando que a área de superfície em várias espécies é especialmente elaborada, com dobras e voltas de tecido chamadas de *conchas nasais*. A grande área superficial facilita o resfriamento por evaporação do sangue nas vias nasais, bem como tem outros efeitos. (Desenho principal adaptado de Maloney e Mitchel 1997; conchas nasais adaptadas de Johnsen, 1988.)

Em que aspectos fundamentais os ectotermos diferem dos endotermos?



1. Condutância térmica;
2. Capacidade de produção de calor endógeno.

Hulbert e Else (1981) - comparação da capacidade de produção de energia entre um lagarto e um mamífero...



- ✓ Comparação das taxas de consumo de oxigênio em repouso;
- ✓ Comparação da massa dos rins, coração, fígado e cérebro;
- ✓ Comparação da densidade de mitocôndrias;
- ✓ Comparação da área de superfície da membrana mitocondrial interna;
- ✓ Comparação da atividade da citocromo oxidase.

Hulbert e Else (1981) - comparação da capacidade de produção de energia entre um lagarto e um mamífero...



Quando comparado ao lagarto, o mamífero apresenta:

- ✓ Órgãos internos relativamente maiores;
- ✓ Estes órgãos apresentam uma proporção maior de mitocôndrias em sua constituição;
- ✓ Estas mitocôndrias apresentam uma área maior de superfície da membrana interna, que se espelha em uma maior atividade da citocromo oxidase.

Apesar da enorme diferença das taxas de consumo de oxigênio em repouso entre um endotermo e um ectotermo, estes não diferem na % do gasto energético celular com diferentes processos.

Por exemplo, em ambos cerca de 20-25% do ATP sintetizado é utilizado no processo de síntese protéica, 20-25% na manutenção dos gradientes de Na^+ entre membranas etc.



Endotermos e ectotermos não diferem em seus processos básicos, mas funcionam em ritmos diferentes... Quem dita estes diferentes ritmos metabólicos?

Hulbert e Else (2000) - permeabilidade da membranas celulares, associada a diferenças na composição de lipídios...

Quanto maior proporção de ácidos graxos polinsaturados

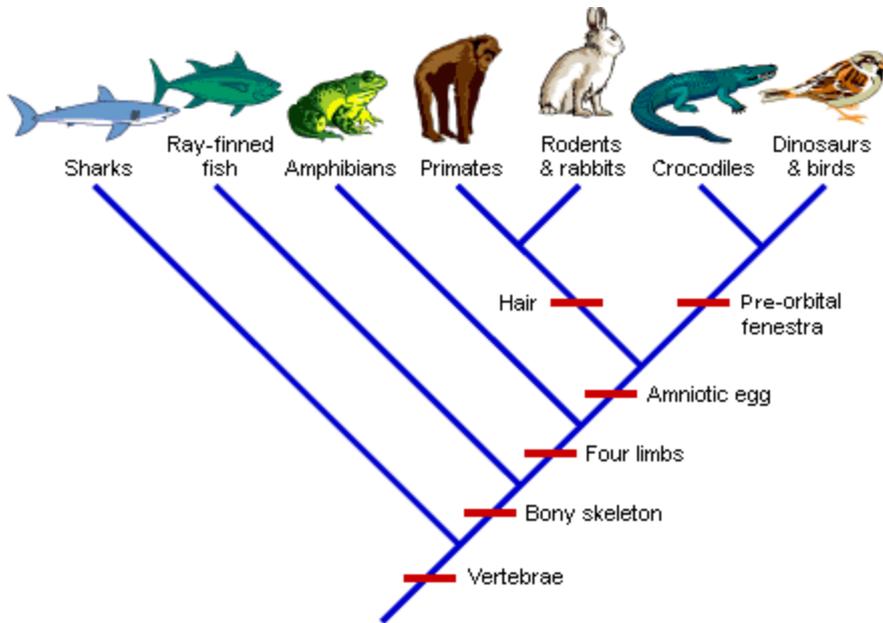
```
graph TD; A[Quanto maior proporção de ácidos graxos polinsaturados] --> B[Maior a permeabilidade aos íons]; B --> C[Maior o gasto energético para a manutenção dos gradientes de concentração entre membranas];
```

Maior a permeabilidade aos íons

Maior o gasto energético para a manutenção dos gradientes de concentração entre membranas

Atividade de glândula tireóide

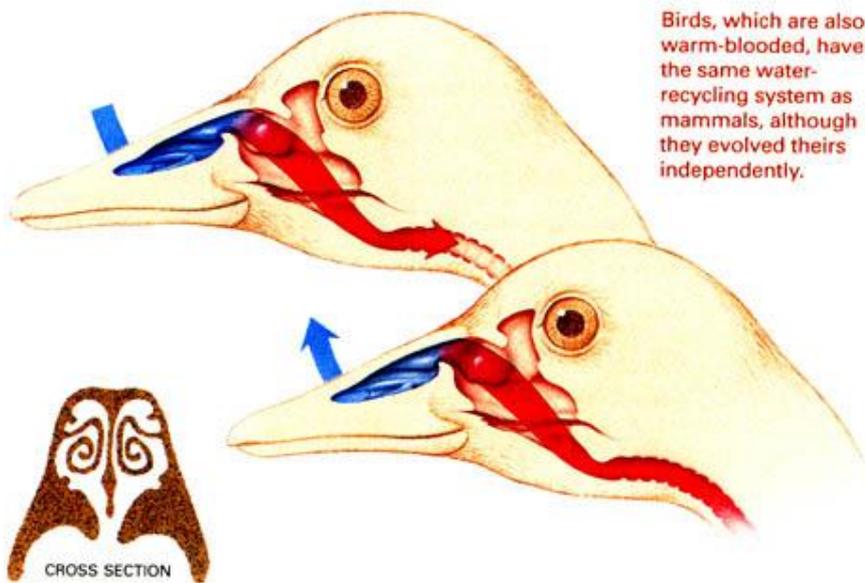
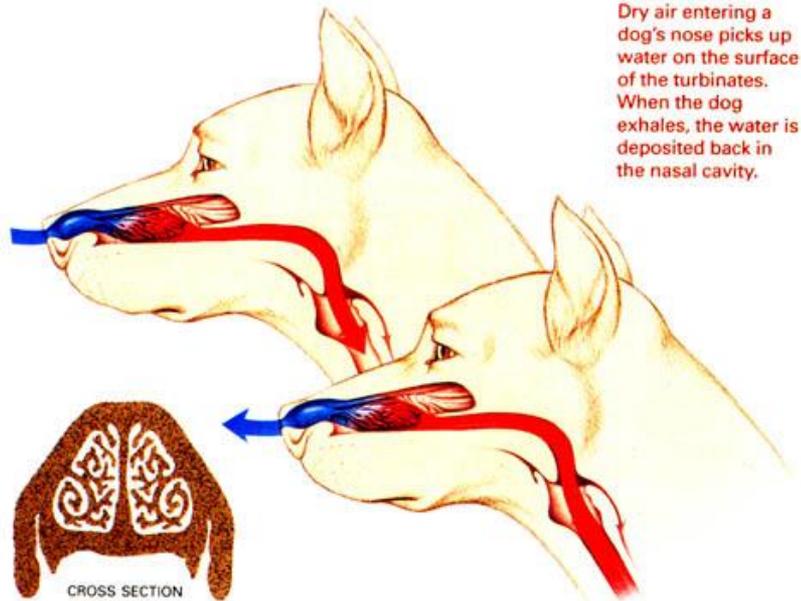
A endotermia provavelmente evoluiu independentemente nas linhagens que deram origem às aves e aos mamíferos atuais.



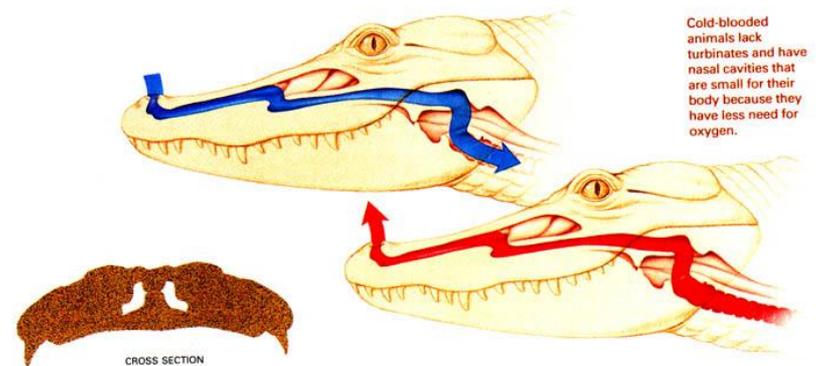
Quando e como surgiu a endotermia nestas linhagens?

Caracteres fisiológicos não deixam registro fóssil !!!!

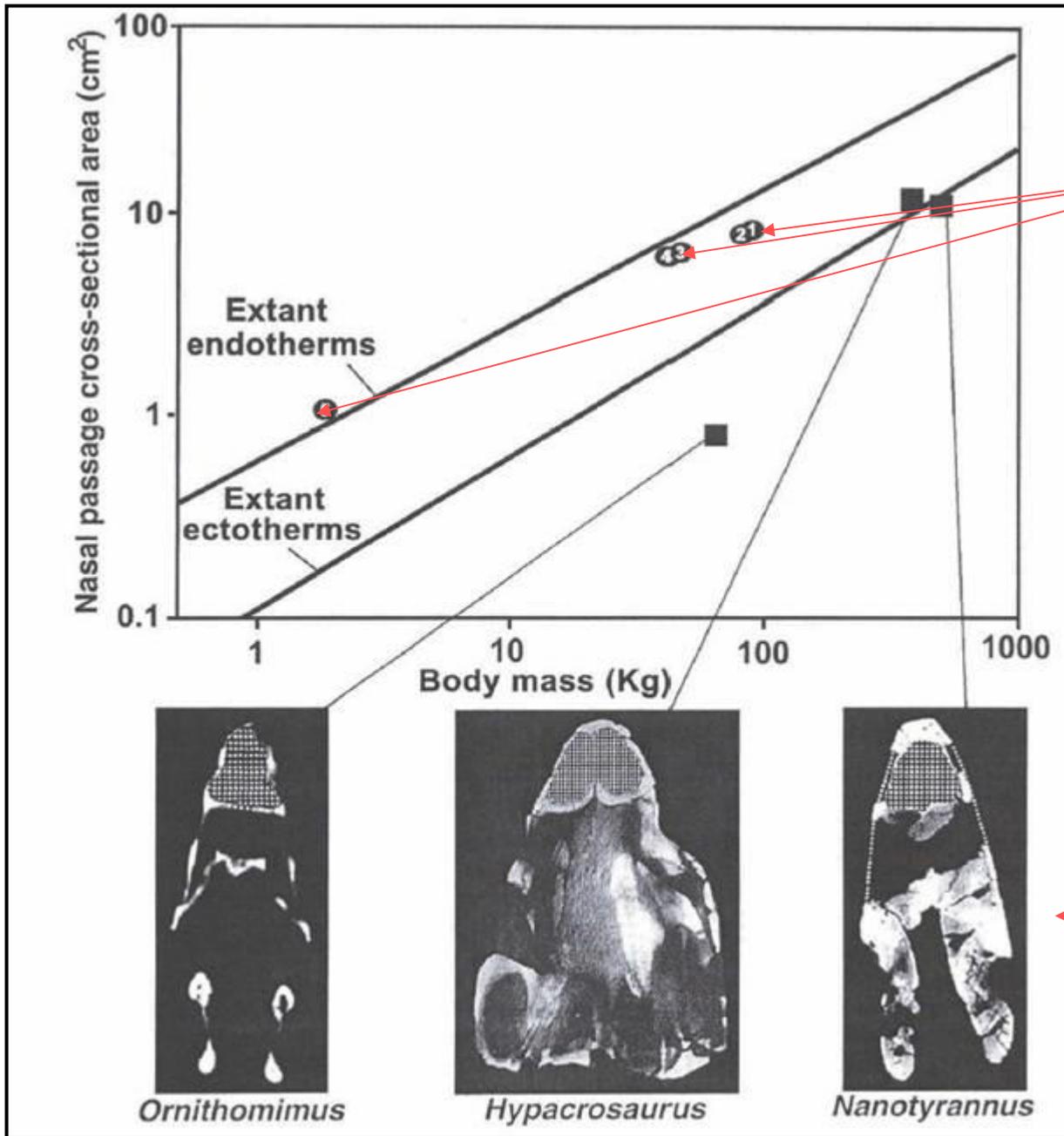
E agora???



Os turbinados nasais são estruturas associadas à conservação de água e calor em endotermos, e aparentemente evoluíram independentemente em aves e mamíferos.



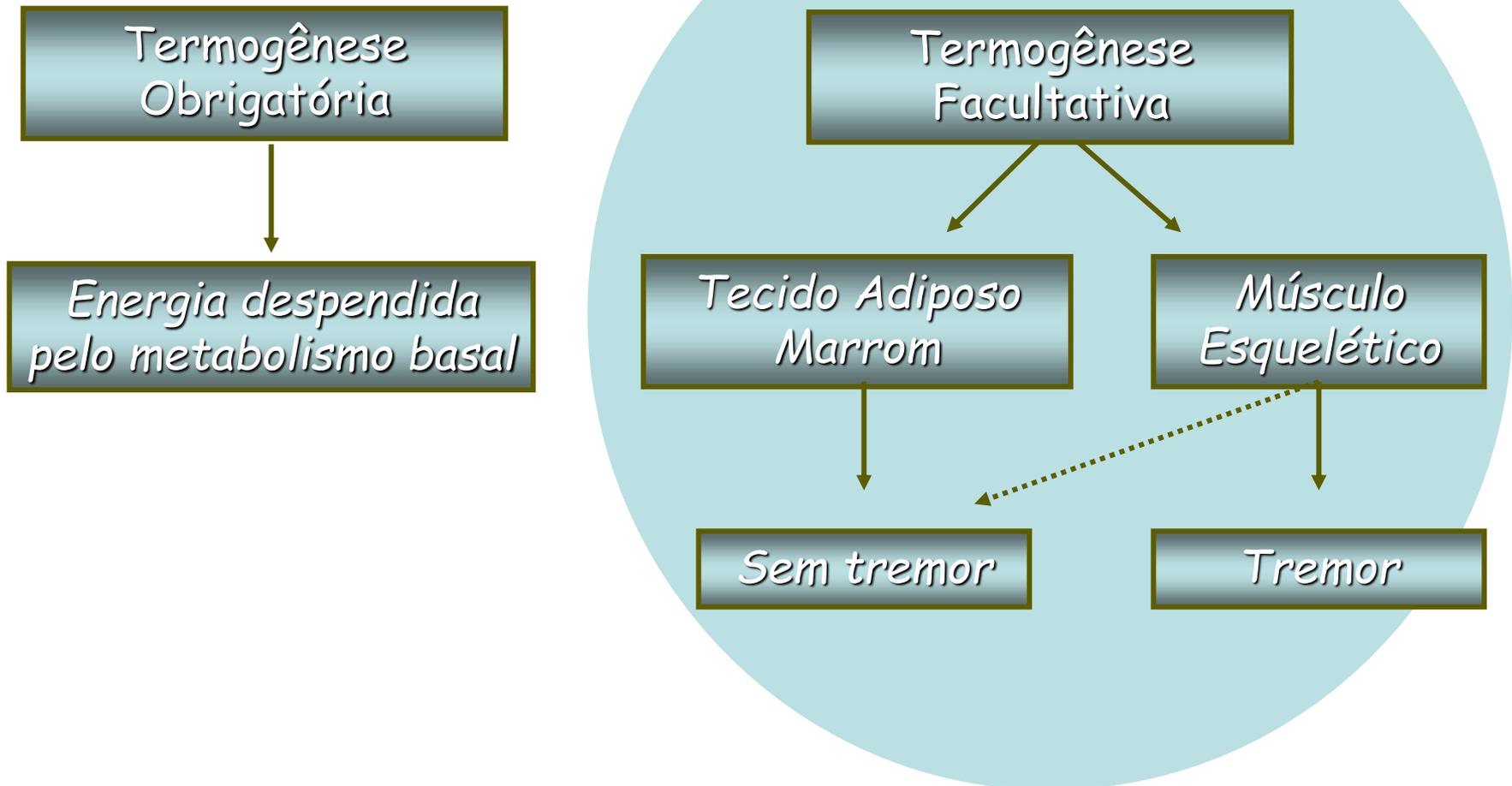
On the other



Terápsidos da interface Permiana - Triásica

Dinossauros do Cretáceo tardio

Termogênese



As leis da termodinâmica nos dizem que nenhum processo químico pode ser 100% eficiente.

Estudos recentes estimam que, no máximo, 70% da energia liberada durante o catabolismo da glicose é utilizada para a síntese de ATP. Desta forma, 30% da energia total é perdida na forma de calor.

Pergunta: de que forma o organismo pode aumentar a geração de calor?

1) Aumentando o fluxo metabólico através do estímulo da $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$, $\text{Ca}^{2+}\text{ATPase}$, miosinaATPase etc;

2) Reduzindo ainda mais a eficiência da síntese de ATP (UCP 1).

A termogênese por tremor, um exemplo de aumento do fluxo metabólico, evoluiu nas aves e mamíferos através da utilização da enorme massa muscular relativa e seu potencial enorme de reciclagem de ATP associada ao processo de contração. Este processo funciona muito bem a curto prazo, mas o tremor impede a locomoção.

Exemplos de ectotermos heterotermos:



Dermochelys coriacea

Inércia térmica associada a grande tamanho corpóreo.

Regionalização da circulação.

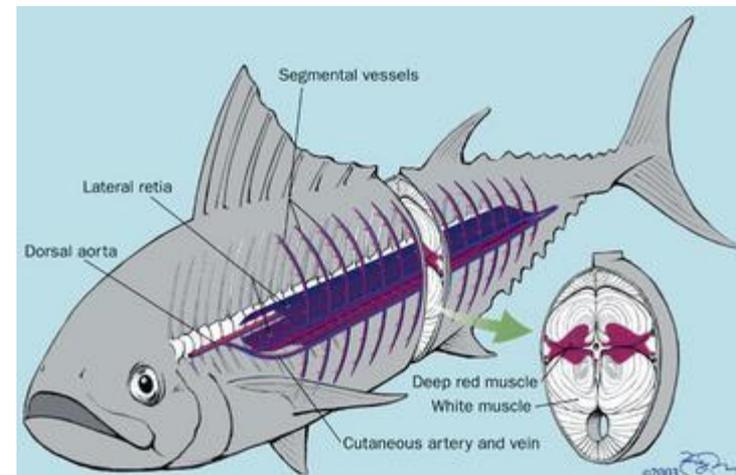
Camada isolante periférica de tecido adiposo.

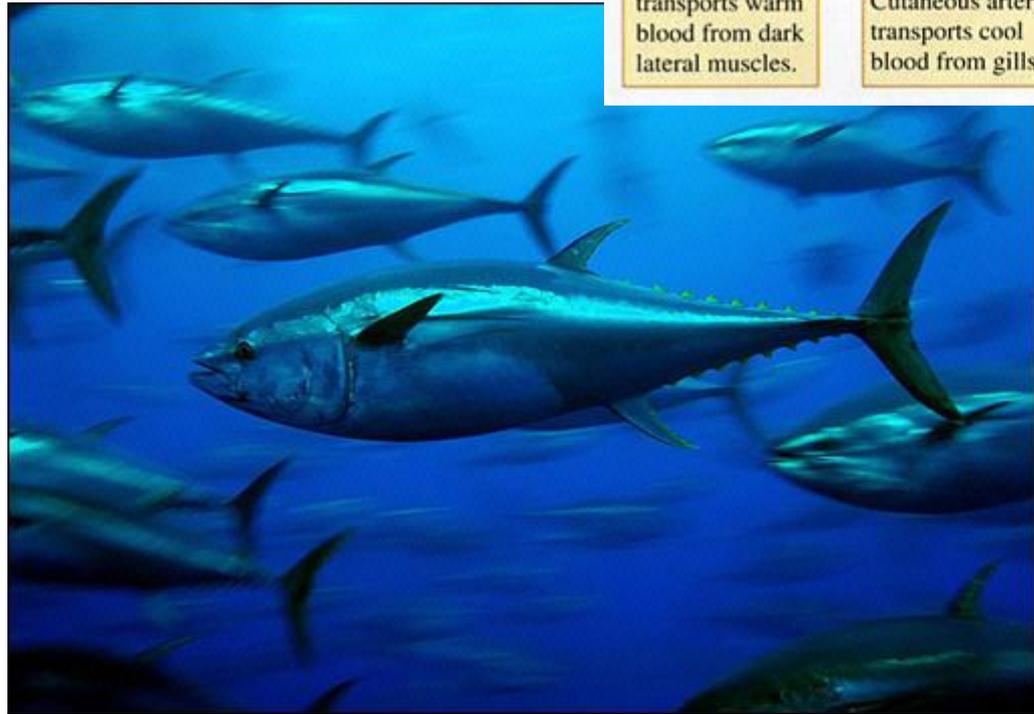
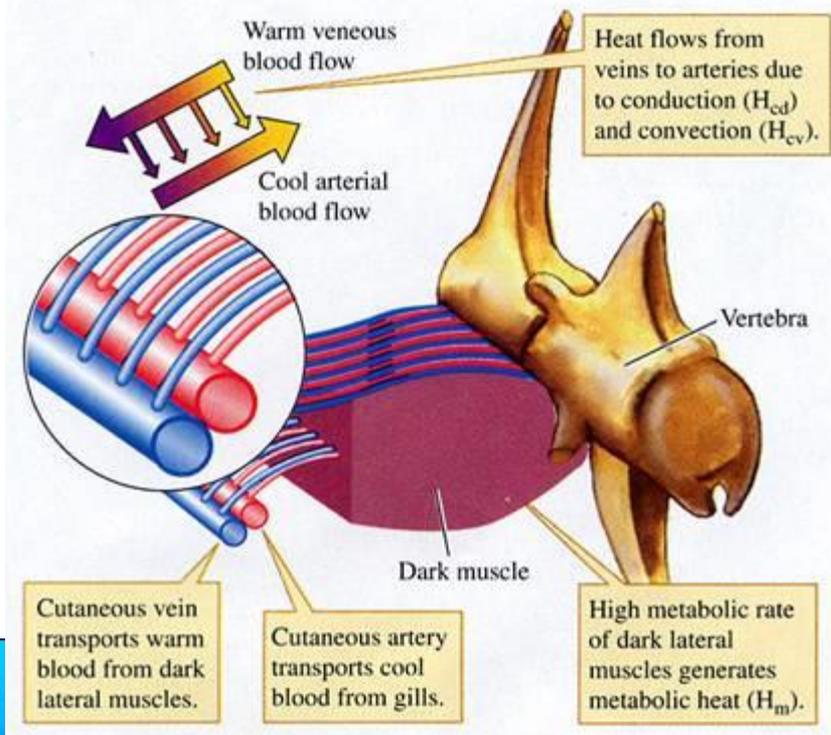
Tunnus thynnus

Inércia térmica associada a grande tamanho corpóreo.

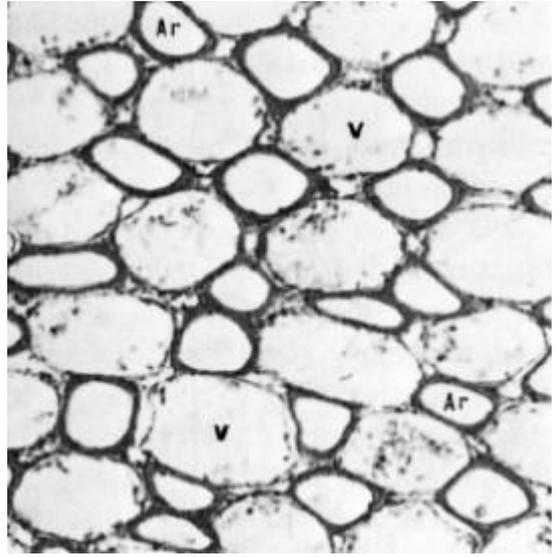
Especialização da circulação formando um sistema contra-corrente de troca de calor.

Musculatura oxidativa concentrada na parte central.





Rete mirabile



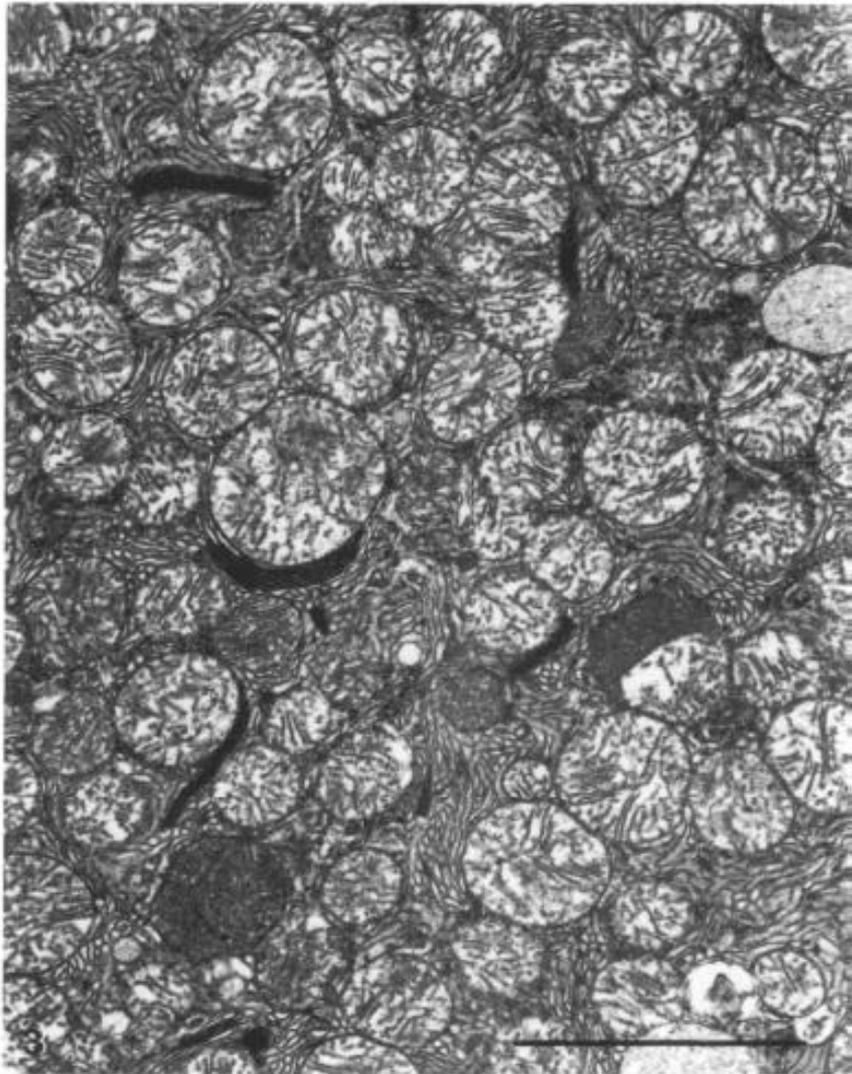
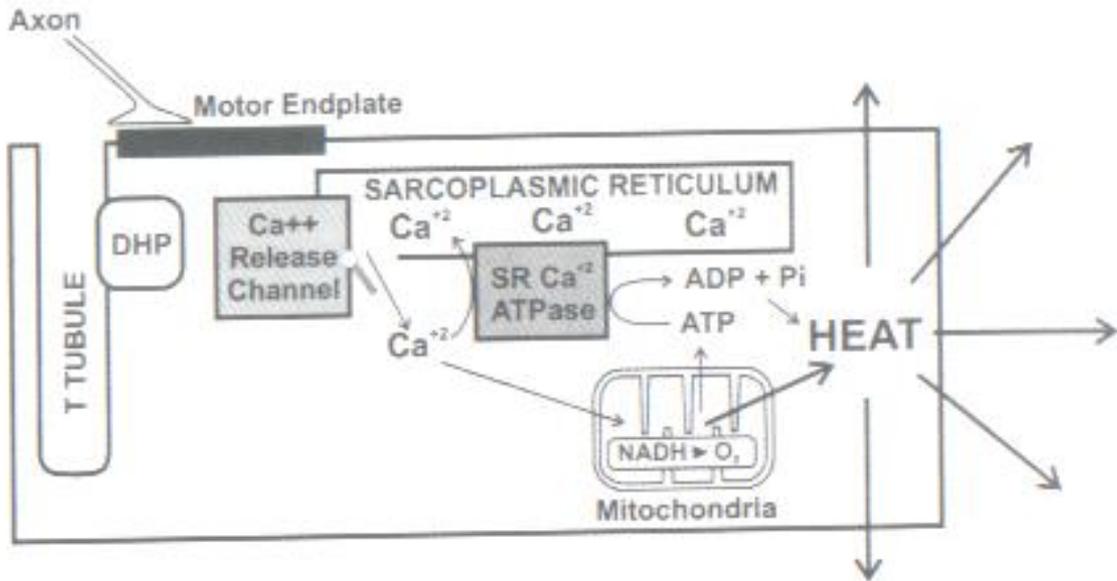
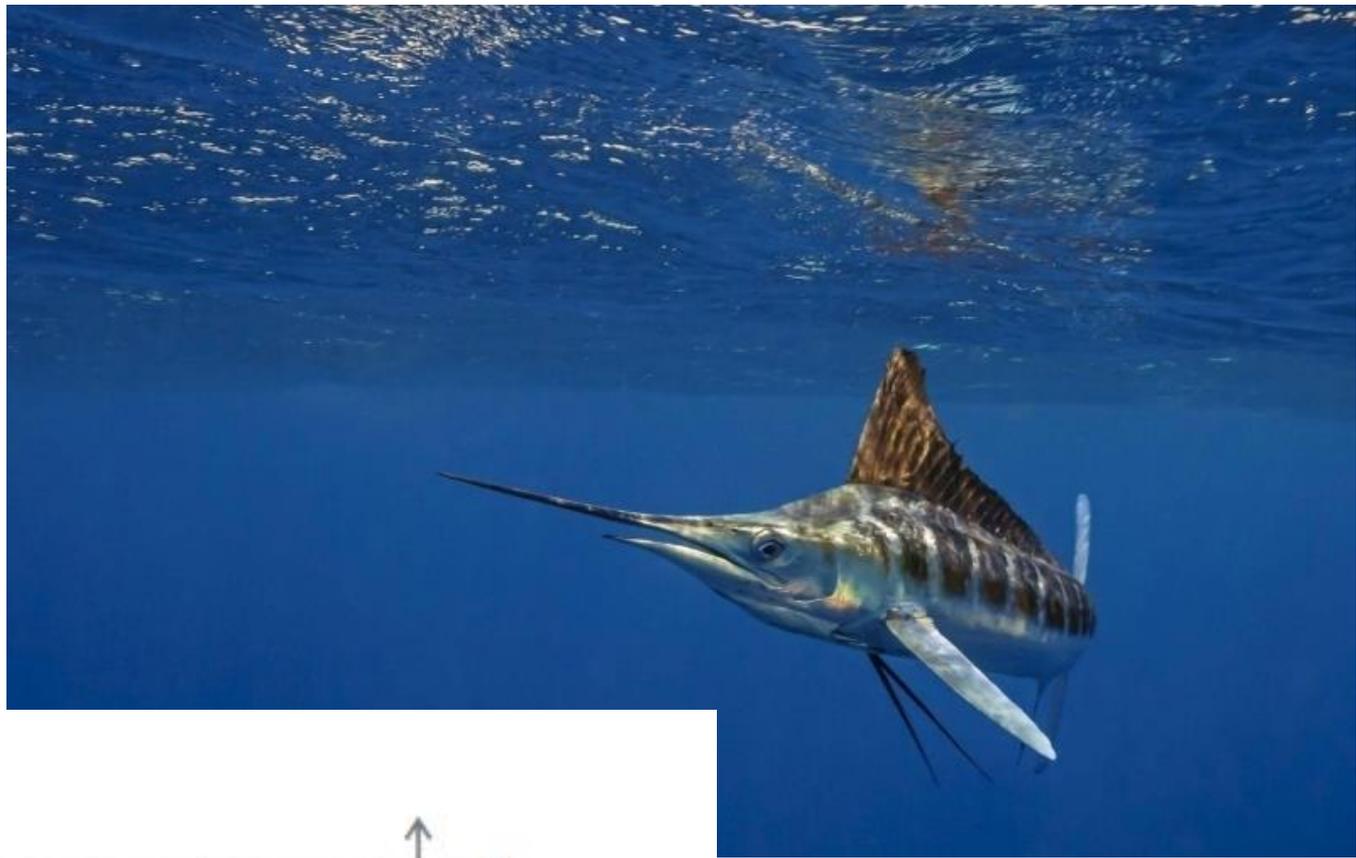


Fig. 3. Electron micrograph of the heater cell of *Makaira nigricans*. In this species, mitochondria occupy 63 % of the cell volume (Block, 1990). As in swordfish (Fig. 2), the membranes surrounding the mitochondria constitute the sarcoplasmic reticulum and transverse tubules. Scale bar, 2 μ m.

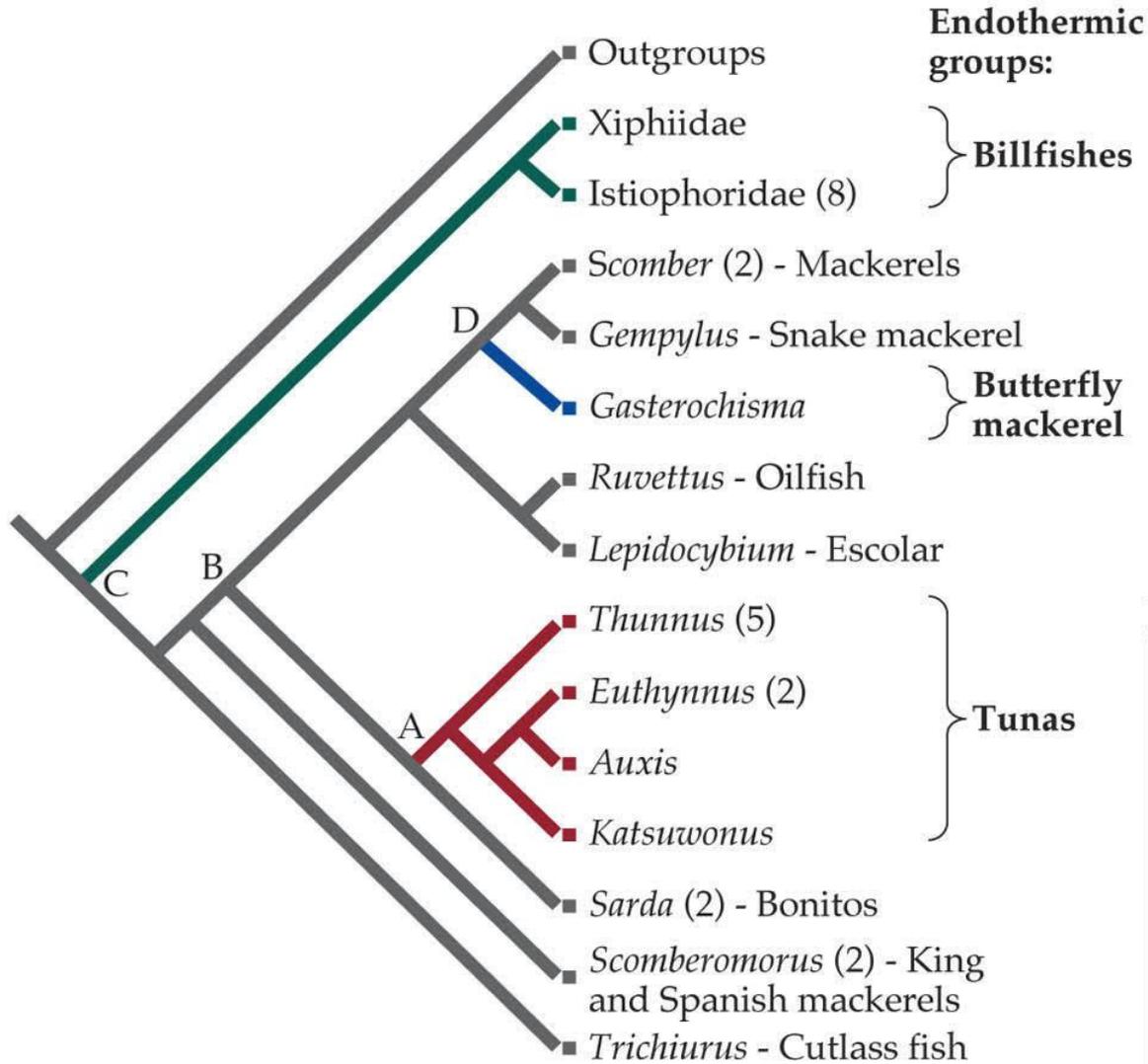


<http://otlibrary.com/marlin/>

Musculatura extra-ocular
modificada em órgãos
aquecedores.



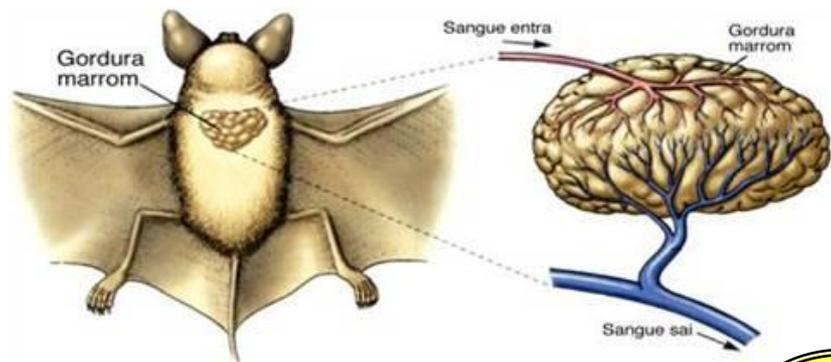
<http://otlibrary.com/marlin/>



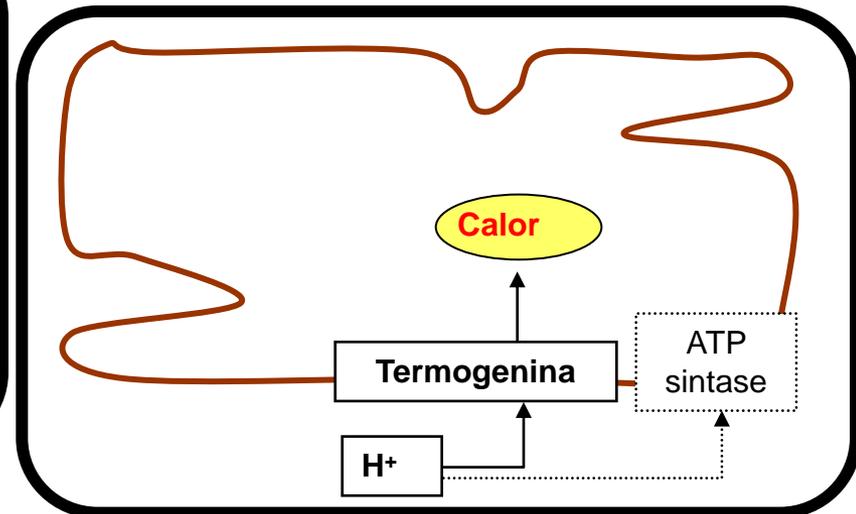
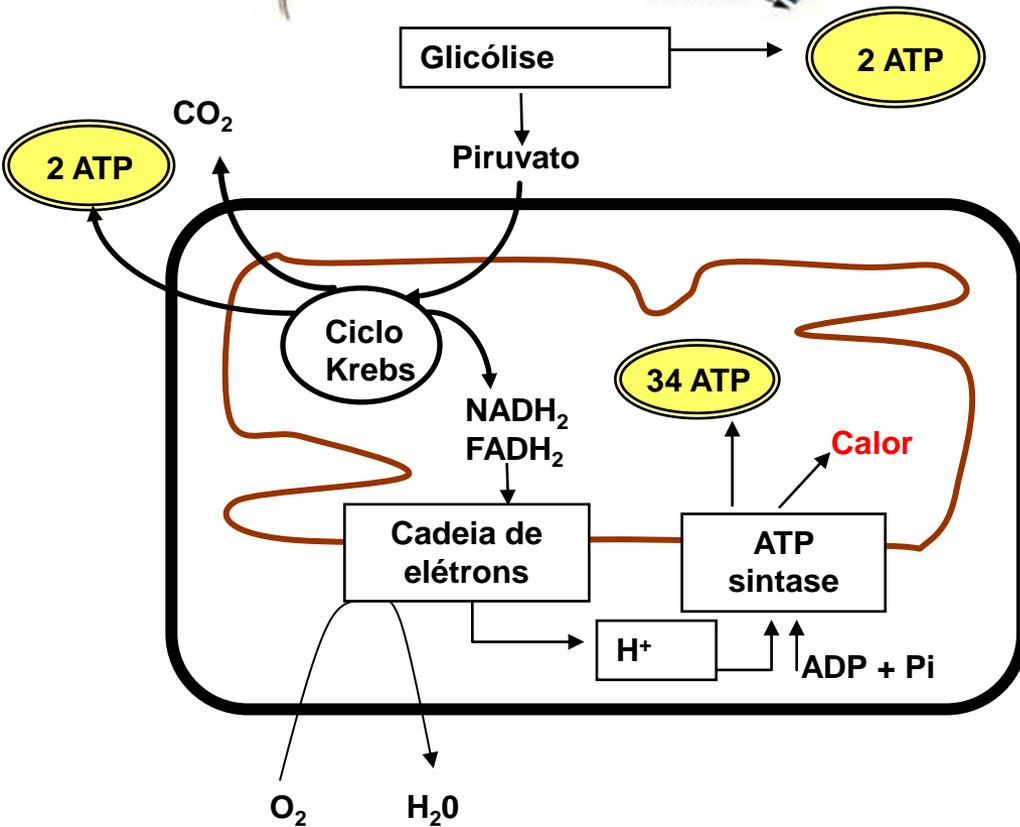
Cladogram based on DNA nucleotide sequences in mitochondrial cytochrome b

KEY

- Grey line: Ectotherm
 - Red line: Endothermy of red swimming muscle
 - Green line: Heater organ in superior rectus muscle*
 - Blue line: Heater organ in lateral rectus muscle*
- * Extraocular eye muscles



Termogênese por não tremor (tecido adiposo marrom)



As proteínas desacopladoras oferecem vias para que os prótons atravessassem a membrana mitocondrial interna sem que a energia de seu movimento em favor de seu gradiente seja atrelada à síntese de ATP.



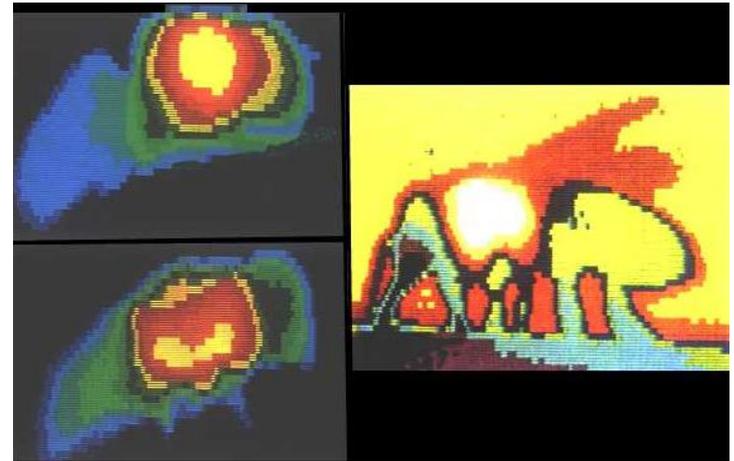
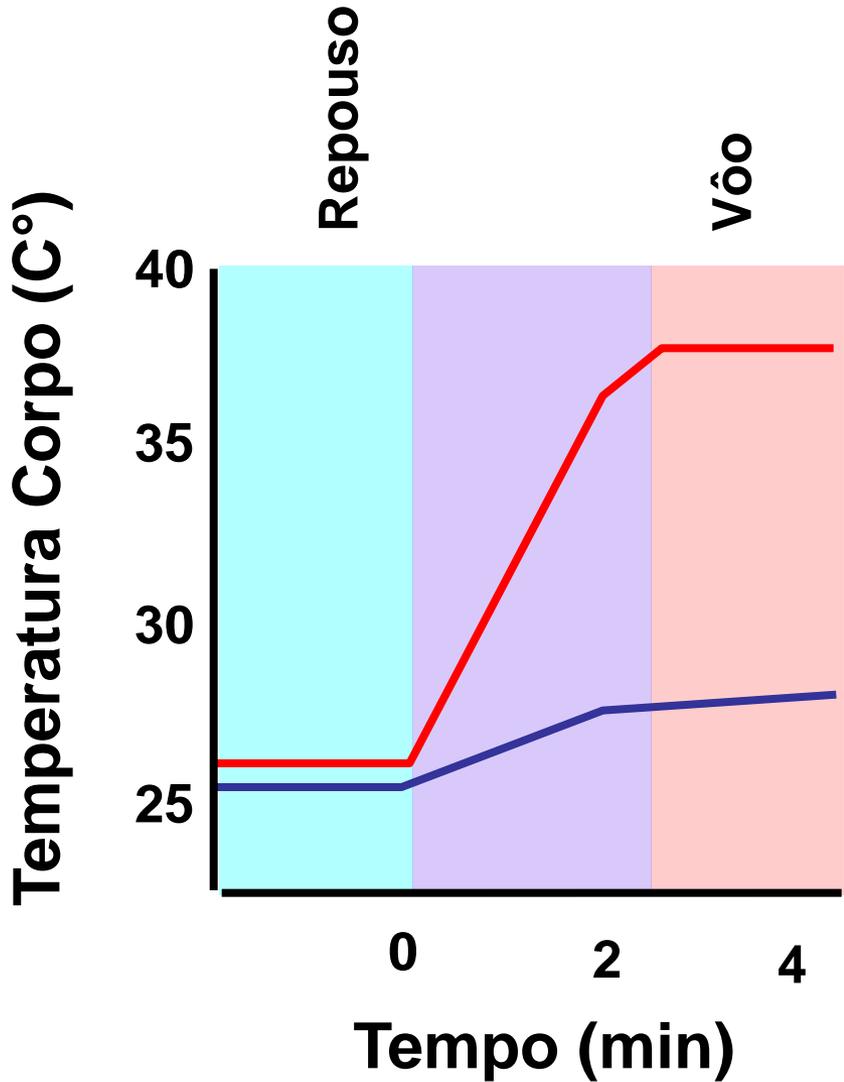
Phyton molurus

Mantém temperaturas corpóreas altas e constantes durante a incubação dos ovos através de contração muscular.

Manduca sexta

Aumenta a temperatura torácica antes de voar através de contração muscular.





Tórax

Abdome

Exemplos de endotermos heterotermos:

Esquilos hibernantes
e aves em torpor



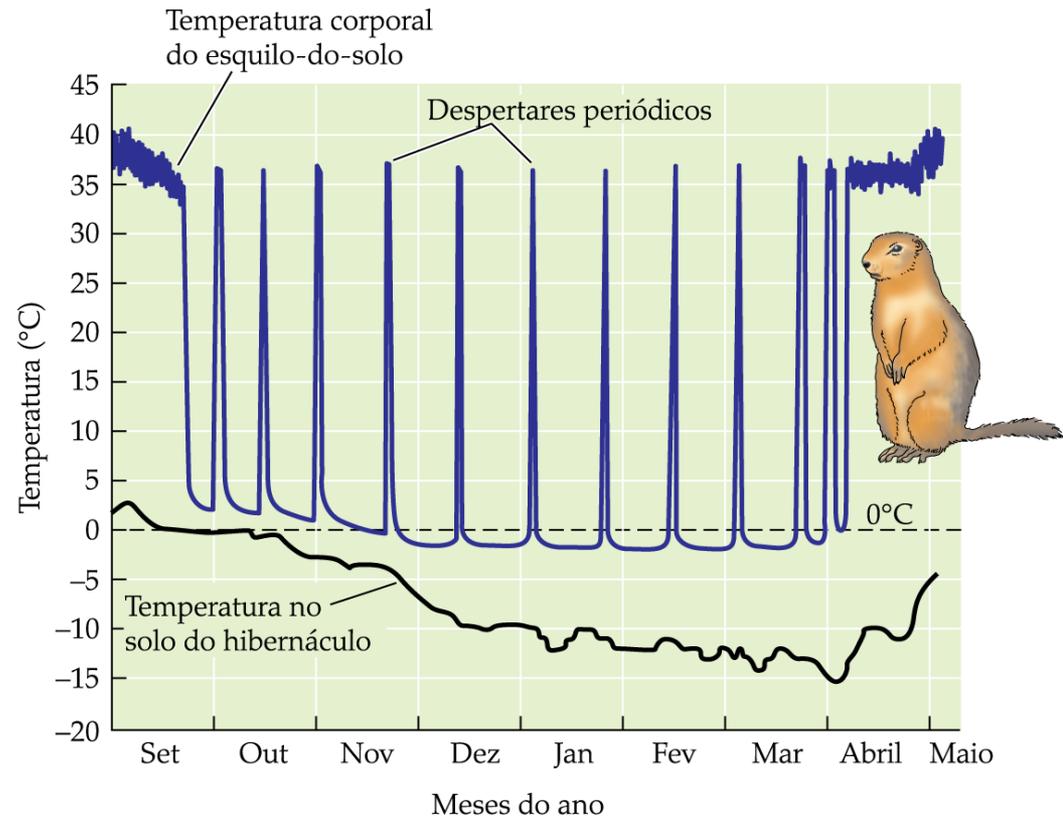
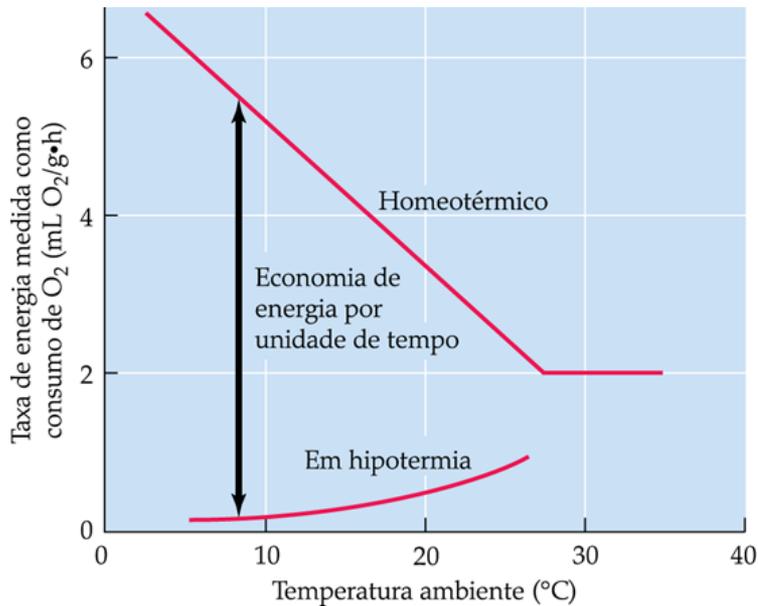


Figura 10.11 A temperatura corporal do esquilo-do-solo do Ártico durante a sua estação de hibernação no Alasca. A temperatura corporal foi registrada com um *data logger*. A temperatura do solo dos hibernáculos dos esquilos-do-solo também é mostrada. (Segundo Boyer e Barnes, 1999.)