

# Zoologia de Invertebrados I

## Evolução dos Sistemas de Invertebrados

Italo Delalibera Jr.

## Evolução do Sistema Digestivo

### Sistema Digestivo Ausente

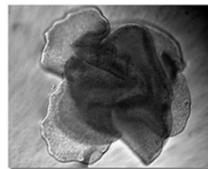
- Poríferos: filtração; alimentos capturados pelos coanócitos e passados aos arqueócitos
- Placozoa: digestão extra corpórea
- Mesozoa: parasita
  - Digestão intracelular



Porífero



Mesozoa

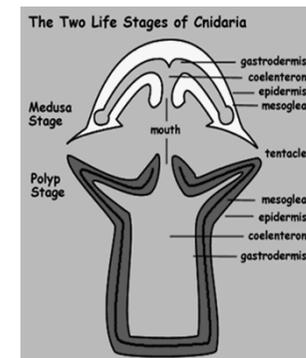


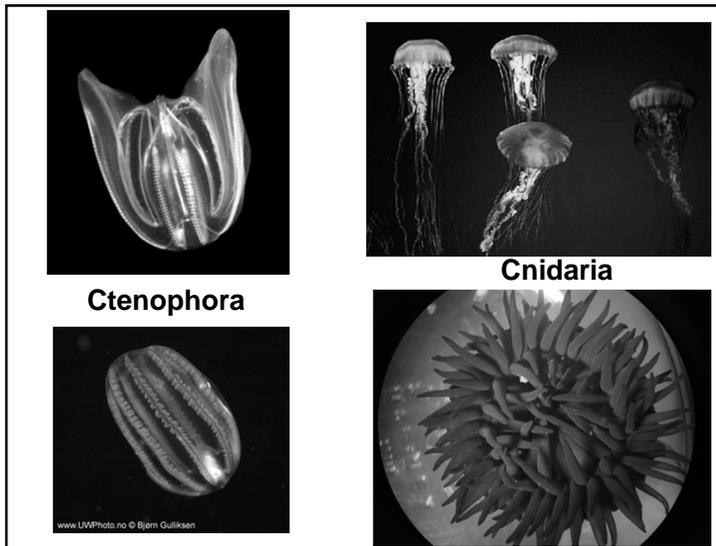
Placozoa

### Surgimento da cavidade gastrovascular

Cnidaria e Ctenophora;

- Enzimas liberadas na cavidade gastrovascular inicia a digestão extracelular. Eliminação de resíduos pela boca





## Sistema digestivo incompleto

- Gnathostomulida e Platyhelminthes;
- Sistema digestivo é diferenciado principalmente em boca, faringe e intestino



### ANATOMIA DE UMA PLANÁRIA



## Surgimento do Ânus

- Maioria dos animais possuem sistema digestivo completo. Aumento da complexidade pela especialização de partes do tubo digestivo e surgimento de órgãos acessórios e glândulas que produzem enzimas
- Estômago: Melhor aproveitamento do alimento
- Musculatura para controle de passagem de alimento
- Digestão mecânica dos alimentos (ex. Priapulida, Annelida)

## Adaptações à vida parasitária

- Nematomorpha: sistema digestivo vestigial
- Acantocephala e Cestoda: sem sistema digestivo
  - grupos mais adaptados à vida parasitária, e sua biologia é quase que totalmente voltada para a reprodução



**Cestoda**



**Acantocephala**



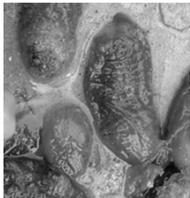
**Nematomorpha**

## Adaptações para o hábito alimentar suspensívoro

- Principal modo de alimentação de Porifera, Brachiopoda, Entoprocta, Ectoprocta, Phoronida, maioria dos Bivalvia e muitos Polychaeta, Gastropoda, etc
- Uso de cílios filtradores (Entoprocta), produção de muco (Ascidia) e tentáculos (Echinodermata)



Entoprocta



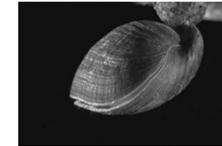
*Ascidia virginea*



Crinoidea

## Adaptações para o hábito alimentar suspensívoro: Lofoforados

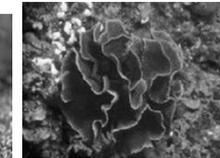
- Phoronida, Ectoprocta e Brachiopoda
- Presença de tentáculos e uma estrutura alimentar chamada Lofóforo para captura do alimento em suspensão
- Tubo digestivo em forma de U



Brachiopoda



Phoronida



Ectoprocta

## Adaptações dos Mollusca

- Rádula: Exclusivo do filo Mollusca; estrutura com diversas funções;
- Cephalopoda: Bico; glândulas salivares e submandibulares; pâncreas e fígado; movimentos peristálticos



## Adaptações dos Annelida

- Polychaeta: Dentes com formas e funções variadas
- Oligochaeta: Papo, moela, tiflosole
- Hirudinea: Ventosas, mandíbulas e glândulas salivares



## Simbiose com Bactérias

### Pogonóforos

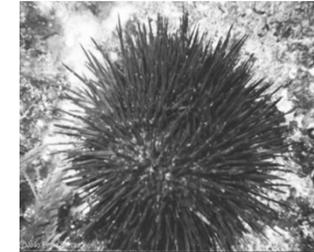
- Não possuem boca nem trato digestivo;
- Modo de alimentação desconhecido;
- Simbiose com bactérias quimiossintetizantes



## Adaptações dos Echinodermata

- Asteroidea: eversão do estômago cardíaco
- Ophiuroidea: ausência de intestino e ânus
- Echinoidea (ouriços-do-mar): lanterna de Aristóteles
- Holothuroidea (pepinos-do-mar): estômago ausente em muitas espécies

### Echinoidea



### Ophiuroidea

## Evolução do sistema circulatório e respiratório

## Conseqüências funcionais do tamanho do corpo

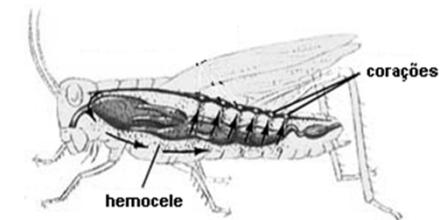
- O tempo necessário para difusão atingir uma determinada concentração é proporcional ao quadrado da distância da fonte
- A limitação para difusão em uma célula ativa é de 1mm (Note que este valor é muito próximo ao tamanho que separam os protozoários dos metazoários)
- Aumento do corpo requer um “sistema de fluidos móveis que realiza trocas direta ou indiretamente com o meio e que reduz a distância da difusão funcional”

## Ausência de sistema circulatório

- Certos animais não apresentam sistema circulatório. Os nutrientes, gases e excretas são transportados por difusão, célula a célula. É eficiente apenas para animais de dimensões reduzidas, com elevada relação Superfície/Volume. Isso é comum em poríferos, cnidários, platelmintos e nematóides

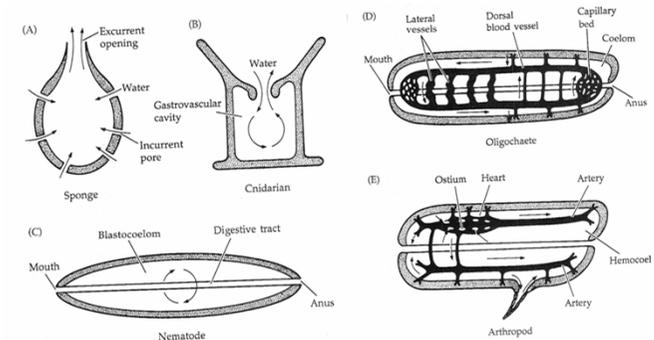
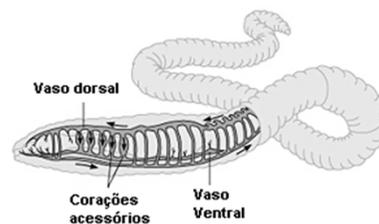
## Tipos de Sistema Circulatório

- Aberto - Circula em vasos até a hemocele que banha a cavidade corpórea e retorna aos vasos (Gastrópodes, Artrópodes). Em moluscos o coração apresenta câmaras e Artrópodes apresentam corações tubulares



## Tipos de Sistema Circulatório

- Fechado - Capilares substituem a hemocele, logo o sangue circula somente em vasos, movimentado por vasos contráteis em Nemertídeos, por corações tubulares em Anelídeos e com corações branquiais (importante para ultrafiltração) em Cefalópodes



### Sistemas circulatórios de Invertebrados

- A) Porifera B) Cnidaria C) Blastocelomados (Rotifera e Nematoda) usam o fluido da cavidade do corpo para transporte interno D) Oligochaeta sistema fechado E) Artrópode sistema aberto

## Aprimoramentos que existem do sistema circulatório

- Pigmentos para troca gasosa
- Coração, cílios, flagelos, vasos contráteis
- Hemocele, seios, sistema de vasos (artérias, veias, capilares)
- Células
- Nos Echinodermata as estruturas circulatórias quando presentes compõem o sistema hemal derivado das cavidades celomáticas. O transporte interno é realizado pelo celoma aumentado pelo sistema vascular de água e sistema hemal (mas nenhum destes sistemas é eficiente).

## Pigmentos respiratórios

Hemoglobina	Proteína contendo ferro-porfirina; pigmento de distribuição mais ampla; cor vermelha (maioria dos invertebrados)
Hemocianina	Proteína contendo cobre; azul quando contém oxigênio. Sempre em solução (comum em moluscos e artrópodes)
Hemeritrina	Proteína contendo ferro; cor violeta; (Sipuncula, um gênero de Polichaeta e alguns Priapulida e Brachiopoda)
Clorocruorina	Proteína contendo ferro-porfirina; verde em solução diluída e vermelha em solução concentrada (várias famílias de Polichaeta)

## Aprimoramento do sistema circulatório e metabolismo

- Transporte de: O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (-insetos), nutrientes, metabólitos, hormônios, sistema imunológico e/ou defesa
- Distribuição de calor
- Tamponamento mais rápido dos ferimentos, por coagulação sangüínea da área afetada
- Força de ultra-filtração em órgãos excretores
- Força hidráulica: extensão de patas de aranhas, expansão de asas em insetos, extensão da probóscide
- Nos sistemas com sangue portando pigmentos, possibilidade de aumento do volume corpóreo e de aumento da complexidade e da velocidade do metabolismo

## Evolução do Sistema Excretor

## Sistema Excretor

- Mantém a homeostase
- O vacúolo contrátil não é considerado um órgão excretor verdadeiro
- Existem dois processos básicos
  - 1- A Ultrafiltração: forma a urina primária.
  - 2- Reabsorção e secreção: modificam a urina primária em urina final.

## Excretas nitrogenadas

- Amônia: muito solúvel e facilmente perdida por difusão (comum em invertebrados aquáticos)
- Uréia: menos solúvel que a amônia (alguns platelmintos, anelídeos e moluscos)
- Ácido Úrico: pouco solúvel (dominante em invertebrados terrestres)

## Ausência de Sistema Excretor

- Filo Porífera: Eliminam dejetos por difusão e o excesso de água através dos vacúolos contráteis
- Filo Cnidaria: Excretam amônia por difusão
- Filos menores: Placozoa, Orthonectida, Rhombozoa
- Filo Echinodermata: Catabólitos eliminados por difusão pelas brânquias, pés ambulacrários e parede intestinal

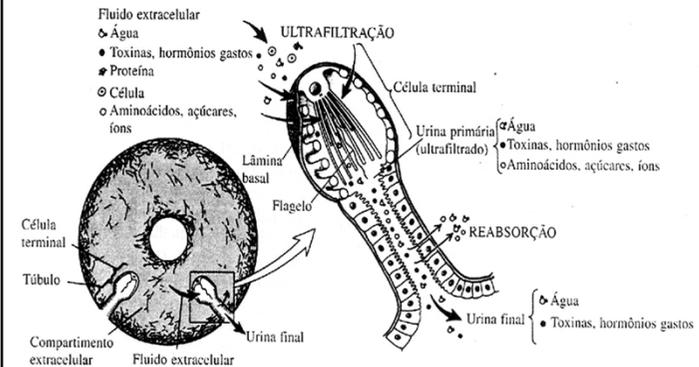
## Surgimento dos nefrídios

- Servem para excreção e/ou osmoregulação
- São característicos de Bilateria
- Origem necessária pelo confinamento dos tecidos e órgãos
- Os nefrídios podem ser protonefrídios ou metanefrídios

## Sistema Protonefridial

- Possuem uma extremidade fechada (com uma célula especializada) e uma abertura para o meio externo
- Provavelmente mais especializado em osmoregulação do que em excreção
- São comuns em animais acelomados, blastocelomados e alguns anelídeos e são raros em eucelomados (exceto em algumas larvas)
- Filo Platyhelminthes: Possuem protonefrídios com células-flama, formando um sistema ramificado (primitivo).
- Encontrado também em Nemertea, Gnathostomulida, Rotífera, Gastrotricha, Priapulida, Kinorhyncha, Loricifera, Acantocephala, Entoprocta, Kamptozoa, Cycleophora

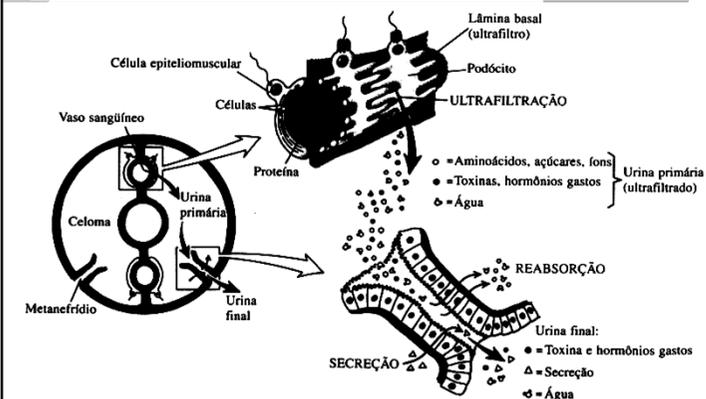
## Sistema Protonefridial



## Sistema Metanefridial

- Provavelmente mais avançado do que o sistema protonefridial.
- Ocorre em eucelomados e organismos com vasos sanguíneos
- O metanefrídio possui as duas extremidades abertas e é multicelular.
- Capaz de filtrar grande quantidade de líquido que os protonefrídeos não conseguiriam

## Sistema Metanefridial



## Estruturas excretoras características

- Filo Annelida: A maioria possui um par de metanefrídios por segmento (Existem anelídios que possuem protonefrídios)
- Filo Mollusca: a excreção é realizada pelo complexo cardiorrenal
  - Há variações quanto ao sistema excretor dentre as classes de Annelida e Mollusca
- Filo Echiura: excreta através de sacos anais. Liberam urina pela cloaca
- Filo Nematoda: o sistema excretor é formado por um sistema de canal (tubos em H) e glândulas excretoras. Não têm nefrídios

## Evolução do sistema nervoso e órgãos dos sentidos

## Sistema nervoso e forma do corpo dos invertebrados

- Os seres unicelulares já possuíam consigo informações que levariam a formação de sistemas. *Paramecium* tem canais iônicos que polariza e despolariza a membrana (campos receptores) na membrana
- Porifera: Não possui tecido nervoso verdadeiro. Entretanto, no hexactinélida *Rhabdocalyptus* a estimulação pode gerar sinais que induzem a interrupção do bombeamento pelos coanócitos
- Cnidaria: evolução do tecido epitelial com estruturas sensoriais radiais com neurônios multidirecionais em rede difusa não centralizada

## Filo Cnidaria

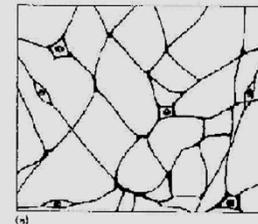
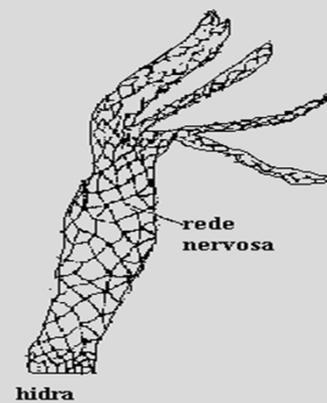
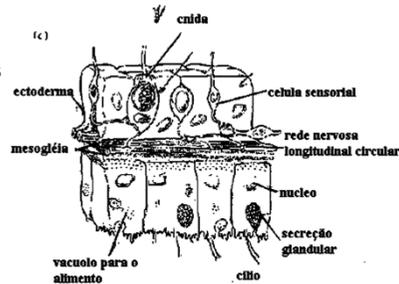


Ilustração da rede nervosa difusa em cnidários



## Filo Cnidaria

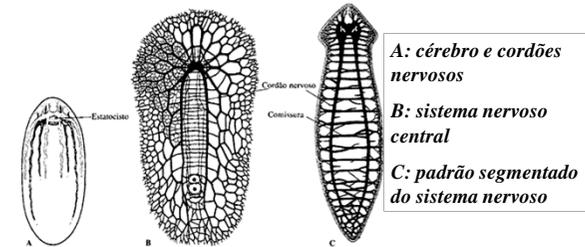
- Condução multipolar do impulso
- Estruturas sensoriais radiais
- Medusas: rede nervosa + anéis nervosos e gânglios



Célula sensorial passando pela ectoderma. Como podem ser capazes de ter comportamentos elaborados e respostas rápidas?

## Filo Platyhelminthes

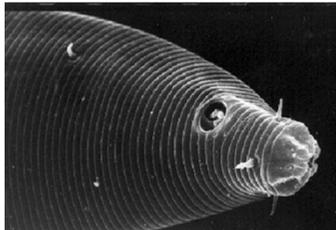
- Bilateralização e Cefalização – locomoção unidirecional
- Sistema nervoso mais simples constituído de uma massa de neurônios (gânglios) do qual se origina dois cordões nervosos longitudinais com gânglios adicionais
- Órgãos sensoriais: ocelos, aurículas e estatocistos.



A: cérebro e cordões nervosos  
B: sistema nervoso central  
C: padrão segmentado do sistema nervoso

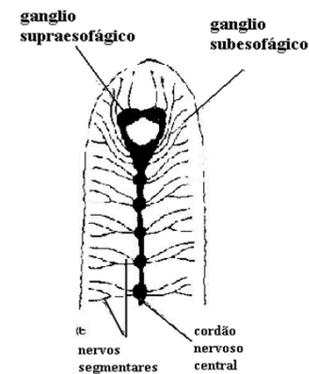
## Filo Nematoda

- Anel nervoso central
- Células musculares se prolongam ao encontro dos cordões nervosos
- Cordões nervosos: dorsal, ventral e laterais
- Órgãos sensoriais : papilas, fasmídios, cerdas, anfídeo



Sven Boström

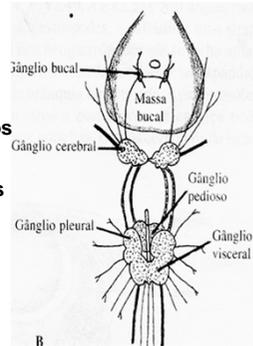
## Filo Annelida



- Celoma e metameria: locomoção mais rápida
- Cérebro bilobado
- Cordão nervoso duplo com gânglios segmentares
- Axônios gigantes

## Filo Mollusca

- Existência de 4 cordões nervosos
- Forte tendência a cefalização pelo encurtamento dos conectivos e comissuras
- Tempo de comunicação entre os gânglios é minimizado
- Simetria bilateral dos gânglios e cordões nervosos
- Cefalópodes altamente desenvolvido



## Evolução do sistema reprodutor

## Evolução

- Evolução do sistema reprodutor deve ser analisado como adaptação ao ambiente
- Um método reprodutivo aparentemente menos eficaz pode ser mais evoluído se corresponder às necessidades adaptativas da espécie em questão

## Reprodução assexuada

- Os descendentes produzidos assexuadamente a partir de um só indivíduo constituem um clone
- A menos que ocorram mutações, todos os membros de um clone compartilham de uma mesma constituição genética

### VANTAGENS

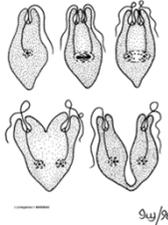
- Permite a multiplicação numerosa e rápida para explorar condições temporárias favoráveis de abundância de alimento. As vantagens estão associadas a população homogênea adaptada a um meio onde não haja mudança na pressão de seleção natural

### DESVANTAGENS

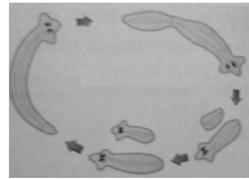
- Alterações desfavoráveis no ambiente pode afetar todos os indivíduos da espécie, pois não há variabilidade genética

## Fissão

- **Binária:** Um organismo se divide em dois
- **Múltipla:** Grande número de indivíduos é formado por seguidas divisões de um organismo
  - Ocorre em protozoários e Turbellaria



Fissão binária em flagelado



Fissão binária em planária

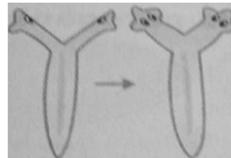
## Brotamento

- **Brotos** podem ou não desligar-se do parental. Caso permaneçam juntos constituirão uma colônia
  - Ocorre em: esponjas, Cubozoa e na fase de pólipo de Hydrozoa e Scyphozoa, sendo o último uma forma específica de brotamento chamado estrobilização, onde várias medusas são produzidas no mesmo ponto e são liberadas quando prontas



## Caso especial: Regeneração

- Capacidade que o organismo apresenta de recompor partes perdidas, porém só pode ser considerada reprodução quando resulta em um acréscimo no número de indivíduos.
- Esponjas, platelmintos turbelários e equinodermos têm essa capacidade.



## Reprodução Sexuada

- A vantagem mais evidente na reprodução sexuada é a variabilidade obtida através da meiose, fecundação e recombinação genética, que garante uma maior capacidade de adaptação da espécie em diversos ambientes
- A quase sempre presente necessidade de células especiais, da aproximação de dois indivíduos resulta em um número menor de descendentes comparado a reprodução assexuada
- Gametas podem ser liberados no ambiente (aquático) ou fertilizados internamente

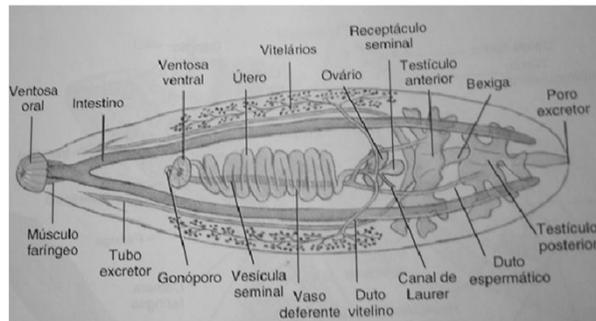
## Conjugação

- É um caso especial de reprodução bissexual, onde não existe formação de gametas. Os progenitores unem-se através de pontes citoplasmáticas onde ocorre troca de material genético, seguido de recombinações gênicas e processos de reprodução assexuadas. Ocorre em protozoários do filo Ciliophora.

## Hermafroditismo (monóicos)

- Organismos monóico apresenta em si os dois sexos distintos
- Grande vantagem é a possibilidade de fecundação de todos os indivíduos dobrando o número de organismos que poderiam ser gerados em casos dióicos
- Porém, no caso de existir autofecundação, a variabilidade genética diminui
- Ocorre em: poríferos, alguns Anthozoa, Hydrozoa (medusa), Ctenophora, Turbellaria, alguns Trematoda e Cestoda, minoria dos Prosobranchia (moluscos); oligoquetas (anelídeos); alguns equinodermos

## Sistema reprodutivo hermafrodita



*Clonorchis sinensis* (Trematoda)

## Metagênese

- No Filo Cnidária, duas Classes, Hidrozoa e Scyphozoa, apresentam seu ciclo reprodutivo com forma de reprodução assexuada e sexuada nas duas diferentes formas de vida no mesmo ciclo (dimorfismo).

## Reprodução bissexual (dióicos)

---

- Cada indivíduo apresenta um sexo distinto e irão, com a fusão de seus gametas, criar um indivíduo com um novo genótipo
- Reproduzem-se dessa forma: a maioria dos hidrozoários e cifozoários (medusa) e alguns antozoários, Trematoda, a maior parte do filo Nematoda, poliquetas, Cephalopoda e maioria dos Polyplacophora, Gastropoda e Bivalvia e as classes Crinoidea e Equinoidea e a maioria dos organismos das outras classes dos equinodermos

## Discussão

---

- Cada tipo de reprodução tem associado um tipo de aparelho reprodutor, mas cumprem o mesmo papel
- O aparecimento de novas formas de reprodução e aparelhos reprodutores não parece trazer, necessariamente, vantagens sobre as formas mais antigas, apenas de uma peculiaridade de cada grupo de organismos, uma forma de adaptação ao seu modo de vida.