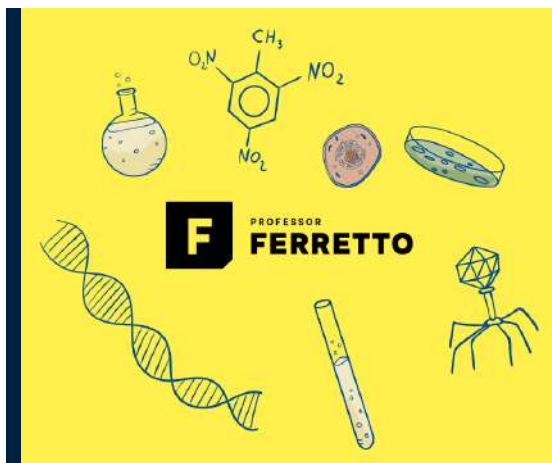


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



SISTEMA EXCRETÓRIO PARTE 1

Uma das principais características dos seres vivos diz respeito à manutenção de um meio interno isolado do meio externo e constante em sua composição e organização. A esta característica chamamos **homeostase**. Praticamente todos os sistemas fisiológicos atuam no sentido de manter esta homeostase, seja pelo fornecimento de nutrientes e gases respiratórios aos vários tecidos corporais (sistemas digestivo, respiratório e circulatório), seja pelo controle desses mecanismos (sistemas endócrino, nervoso e sensorial), seja pela retirada de substâncias tóxicas e conseqüentemente prejudiciais desses tecidos.

A retirada de subprodutos tóxicos provenientes do metabolismo realizado pelas células recebe o nome de **excreção**. Pode ser considerada excreção a eliminação do gás carbônico através dos pulmões, por exemplo. Outras substâncias tóxicas são eliminadas principalmente pelo chamado sistema excretor, conjunto de órgãos especializados na filtração do sangue com objetivo de remover destes tais substâncias tóxicas, ou através de outras estruturas, como as glândulas sudoríparas e mesmo o fígado.

A homeostase, entretanto, não se restringe à aquisição de substâncias úteis e à eliminação de substâncias tóxicas, mas ao controle dos teores de diversas substâncias, como sais e água. Isso deve ser feito por um motivo bem simples: quantidades excessivas ou insuficientes destas substâncias são igualmente prejudiciais. Assim, o excesso de água que pode promover a plasmoptise celular por efeitos de osmose e a falta de água que pode promover a parada das atividades metabólicas celulares são efeitos igualmente prejudiciais.

É importante que se perceba que o controle dos teores de água no organismo pode ser adequadamente realizado pelo controle dos teores de sais, uma vez que, aumentando os teores de sal no organismo, aumenta-se

ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Excretas nitrogenadas](#)
- [Osmorregulação](#)
- [Tipos e evolução dos sistemas excretores](#)
- [Órgãos nefridiais](#)
- [Rins](#)

a aquisição ou retenção de água por osmose e, diminuindo-se os teores de sais, diminui-se a aquisição de água ou aumenta-se sua perda também por efeitos de osmose.

O controle dos teores de água e sal no organismo recebe o nome de **osmorregulação**. Várias estruturas estão relacionadas a este processo. Na maioria dos organismos aquáticos, existem mecanismos particulares dentro de cada grupo para exercer tal controle. Nos organismos terrestres, a osmorregulação está intimamente ligada à excreção, sendo realizada pelas próprias estruturas excretoras através da eliminação de água e sal pelo sistema excretor e glândulas sudoríparas.

EXCRETAS NITROGENADAS

O metabolismo dos principais nutrientes de função energética, ou seja, carboidratos e lipídios, resulta na formação de gás carbônico e água apenas. O gás carbônico é eliminado através dos pulmões ou outras superfícies respiratórias (que, sob este ponto de vista, devem ser considerados também órgãos excretores), e a água é incorporada pelo organismo.

Já o metabolismo de outros nutrientes, como proteínas e ácidos nucleicos, envolve invariavelmente a produção de substâncias nitrogenadas. Algumas dessas substâncias nitrogenadas são tóxicas, e sua eliminação depende da atividade do sistema excretor. Tais substâncias são denominadas **excretas nitrogenadas**.

As **proteínas** ingeridas por organismos animais superiores são digeridas em **aminoácidos**, que são assimilados no intestino e enviados ao fígado pela veia porta-hepática. No **fígado**, a maior parte destes aminoácidos é **metabolizada**, através da formação de novas proteínas, da **formação de novos aminoácidos ou da utilização energética destes aminoácidos**. A outra parte destes aminoácidos é enviada através do sangue para os demais **tecidos corporais** para que eles **produzam suas próprias proteínas**.

Como se deve ter notado, o metabolismo de aminoácidos para a produção de proteínas pode ocorrer tanto no fígado como nos demais tecidos corporais, mas dois processos metabólicos relacionados aos aminoácidos são exclusivamente realizados no fígado. Estes são a transaminação e a gliconeogênese.

A formação de novos aminoácidos é chamada de **transaminação**. Neste processo, um aminoácido reage com um cetoácido (ácido orgânico com um grupo cetona) originando um novo aminoácido e um novo cetoácido. Nem todo aminoácido pode ser produzido no organismo através de transaminação, só aqueles ditos naturais. Este processo de transaminação está relacionado à vitamina B6 e ocorre exclusivamente no fígado.

A utilização energética de aminoácidos ou lipídios é chamada de **gliconeogênese**. Esta não é, necessariamente, a formação de carboidratos a partir de aminoácidos ou lipídios, mas normalmente a formação de subprodutos comuns a carboidratos, aminoácidos e lipídios que podem entrar nas vias metabólicas energéticas (normalmente no ciclo de Krebs da respiração aeróbica) primordialmente relacionadas a carboidratos. Este processo recebe uma importância especial no estudo da excreção.

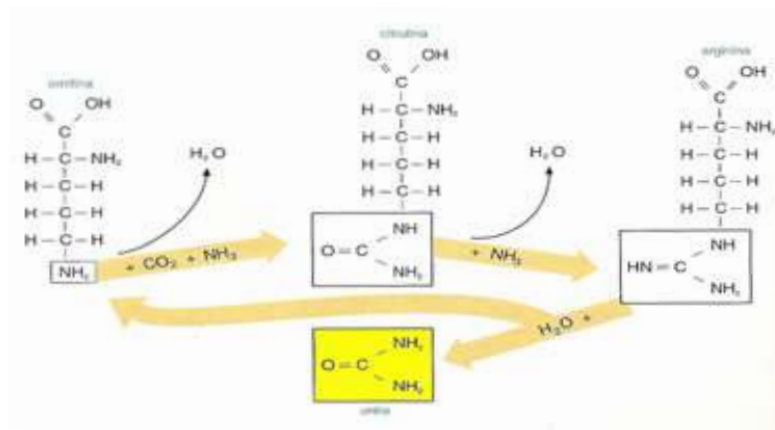
Para haver esta gliconeogênese a partir de aminoácidos, é necessária a retirada do grupamento amina (-NH₂) destes aminoácidos, em um processo denominado **desaminação**. Sem os grupamentos amina, os aminoácidos dão origem a cetoácidos (como o ácido pirúvico, por exemplo), que poderão ser utilizados em mecanismos oxidativos (liberando energia, CO₂ e H₂O), ou ser transformados efetivamente em substâncias de reserva tais como gorduras e glicose.

O **grupo amina** retirado origina uma substância denominada **amônia (NH₃)**, altamente tóxica mesmo em baixas concentrações, e que deve ser prontamente eliminada do organismo. Entretanto, a amônia pode ser transformada em subprodutos menos tóxicos e com propriedades distintas, como a **ureia** ou o **ácido úrico**.

CICLO DA ORNITINA

A produção de **ureia** e de **ácido úrico** ocorrem através de vias metabólicas denominadas, respectivamente, de **ciclo da ornitina** e **ciclo do ácido úrico**, ambos os processos ocorrendo ao nível de fígado. O ciclo da ornitina é detalhado no esquema representado abaixo.

A **ornitina** é um aminoácido que não costuma entrar na constituição das proteínas comuns. Combinando-se com um CO_2 e uma molécula de amônia, a ornitina perde uma molécula de água e se transforma em **citrulina** (outro aminoácido raro). A citrulina, por sua vez, pode combinar-se com outra molécula de amônia (perdendo mais uma molécula de água) e assim originar uma molécula de **arginina**. Esta também é um aminoácido, porém mais comum que os anteriores. Finalmente, para fechar o ciclo, a molécula de arginina combina-se com uma molécula de água e restaura a ornitina, sendo que, para isso, libera uma molécula de **ureia**.



Ciclo da ornitina.

Características das excretas nitrogenadas

De acordo com a excreção nitrogenada predominante, os animais podem ser classificados em:

- **animais amoniotélicos:** que excretam principalmente amônia;
- **animais ureotélicos:** que excretam principalmente ureia;
- **animais uricotélicos:** que excretam principalmente ácido úrico.

A excreção predominante de um desses produtos está relacionada com o ambiente em que o animal vive.

Os **animais aquáticos** são em sua maioria **amoniotélicos**. A amônia é **muito tóxica e muito solúvel em água**, havendo necessidade de volume considerável de água para sua eliminação

e diluição a níveis não tóxicos. Estando circundados por grande volume de água, os animais aquáticos têm, assim, facilitada a dispersão de amônia para longe de si através do próprio meio.

Os **animais terrestres** são **ureotélicos** ou **uricotélicos**.

A ureia tem uma toxicidade média e solubilidade em água também média. Ela é bem adequada para organismos terrestres porque, por não ser excessivamente tóxico, pode ser mantida no organismo até o momento da formação e eliminação da urina sem causar prejuízos para o organismo. Além disso, por ela não ser tão solúvel em água, não exige grandes quantidades de água para diluí-la na formação da urina, o que é bastante importante em organismos terrestres que têm que economi-

zar água.

O **ácido úrico** é **pouco tóxico e praticamente insolúvel em água**. Ele é perfeitamente adequado para organismos terrestres e **ovíparos**. Deve-se lembrar que o ovo é impermeável à água ou outras substâncias, só permitindo trocas gasosas. Assim, as excretas não podem ser eliminadas através da casca, devendo ser armazenadas no interior do ovo (e portanto próximo ao embrião) até o momento da eclosão do ovo. Se as excretas fossem de grande toxicidade, como a amônia ou a ureia, elas seriam armazenadas com grande risco para o embrião. Sendo o ácido úrico atóxico, ele pode ser armazenado no ovo sem que haja esse risco para o embrião. Uma outra vantagem é que, sendo o ácido úrico praticamente insolúvel

em água, não há necessidade de gasto de água para diluí-lo, o que representa uma economia de água para o embrião. Os uricotélicos eliminam o ácido úrico praticamente sem água, como uma pasta esbranquiçada espessa junto às fezes ou como bolotas sólidas. Esta pasta semi-sólida é denominada **guano** e é utilizada como fertilizante de solos em algumas regiões.

O fato de serem uricotélicas representa uma vantagem extra para as aves. Isso porque o ácido úrico não precisa ser diluído em água para formar urina. Assim, aves não possuem bexiga urinária e não formam urina, o que representa também uma economia de peso que facilita o voo.

Animais amoniotélicos

São animais **amoniotélicos** os **invertebrados aquáticos**, os peixes ósseos e as **larvas aquáticas** de animais terrestres, como os girinos.

Os peixes pulmonados, que são ósseos, deixam de ter a amônia como excreta predominante, quando a água do meio seca, passando a excretar principalmente ureia.

Animais ureotélicos

São animais **ureotélicos** os **peixes cartilagosos**, os **mamíferos** e os animais ainda relacionados de algum modo ao ambiente aquático, como é o caso dos **anfíbios adultos**.

A excreção de ureia pelos condrícties está relacionada a problemas osmóticos, que serão

discutidos posteriormente (ver seção “osmorregulação”). No caso dos mamíferos, que são terrestres em sua maioria, a excreção de ureia está provavelmente relacionada à viviparidade. Na maioria dos mamíferos, os embriões desenvolvem-se no útero materno, havendo trocas de substâncias entre o sangue da mãe e do feto através da placenta. Sendo a ureia menos tóxica que a amônia, não há prejuízo para nenhum deles, especialmente para o feto. Por outro lado, se a excreta fosse o ácido úrico, por este ser insolúvel, não poderia atravessar a placenta para passar do sangue do feto para o da mãe para ser eliminado pelo sistema excreto materno.

Animais uricotélicos

São animais **uricotélicos** os **insetos**, os répteis e as aves, todos ovíparos e terrestres.

Observação: Além desses principais produtos nitrogenados de excreção, alguns animais excretam aminoácidos e outros, como as **aranhas** eliminam a base nitrogenada guanina como principal produto de excreção. A **guanina** é ainda menos solúvel do que o ácido úrico, não havendo necessidade de água para sua eliminação. Os **peixes ósseos marinhos** excretam quantidades consideráveis de **óxido de trimetilamina ou OTM**, substância solúvel, mas atóxica e extremamente volátil. O odor característico do peixe morto é decorrente do aumento da concentração dessa substância na carne desses animais.

OSMORREGULAÇÃO

O sistema excretor desempenha duas funções básicas: a retirada da circulação dos produtos dos resíduos finais do metabolismo (excretas ou catabólitos) e manutenção da constância da composição dos líquidos corporais em relação aos teores de sal e água. A primeira função é a excreção propriamente dita. A segunda é a chamada **osmorregulação**. A osmorregulação é um dos vários mecanismos de **homeostase** que caracterizam os sistemas vivos

A importância da osmorregulação consiste no fato de que, se um meio estiver muito concentrado em relação a outro no que diz respeito aos teores de sal, por exemplo, há uma tendência natural em haver a passagem de água do meio menos concentrado (hipotônico) para o mais concentrado (hipertônico) por osmose. Se isso acontecer, a perda ou ganho de água por osmose podem alterar as características fisiológicas dos tecidos, podendo levar a problemas como a **plasmoptise** (a célula recebe tanta água por osmose que a membrana plasmática não aguenta e rompe, o que leva à sua morte) e a **plasmólise** (a célula perde tanta água por osmose que “murcha”, o que leva a uma desidratação e possivelmente morte) de células.

Assim, deve-se dispor de mecanismos para que ocorra o controle dessas concentrações de sal e teores de água.

OSMORREGULAÇÃO EM ANIMAIS TERRESTRES

Em organismos terrestres, o grande problema relacionado com a água é a aquisição e manutenção da mesma. O ato de beber água é o principal mecanismo pelo qual se adquire água.

Organismos terrestres como a maioria dos invertebrados e os anfíbios não dispõem de mecanismos para impedir as perdas de água por dessecação, estando limitados a viver em ambientes úmidos e sombrios para evitar esta dessecação.

Organismos terrestres como artrópodes, répteis, aves e mamíferos, para evitar a perda de água por dessecação, desenvolveram uma pele impermeabilizada pela ação de quitina (em artrópodes) ou queratina (em vertebrados a partir de répteis). Dessa maneira, a perda de água por esses organismos pode ser controlada eficientemente pelos sistemas excretores.

ANIMAIS OSMOCONFORMES E OSMORREGULADORES

O grande problema em relação à osmose diz respeito a organismos aquáticos. Uma vez que eles possuem normalmente uma pele permeável e muitas vezes possuem uma concentração de sais no corpo diferente do meio aquático em que vivem, é comum a perda ou ganho de água por osmose para o ambiente em que vivem. Neste caso, deve-se desenvolver mecanismos especiais para readquirir a água perdida ou eliminar o excesso de água ganho.

Muitas espécies de animais marinhos não sofrem osmose, pois a tonicidade de suas células e líquidos corporais é equivalente à da água salgada. Tais animais são chamados de **osmoconformes** e não necessitam regular a concentração de seu meio interno.

Existem animais, porém, cuja tonicidade interna é muito diferente da tonicidade do local em que vivem. Assim, precisam controlar ativamente a quantidade de água que entra ou sai do corpo devido à osmose. São por isso chamados de **osmorreguladores**.

OSMORREGULAÇÃO EM ANIMAIS AQUÁTICOS

Unicelulares

Em protozoários, a osmorregulação é feita por mecanismos muito variáveis. A maioria dos protozoários de água salgada são isotônicos em relação ao meio, sendo, pois osmoconformes. No entanto, protozoários dulcícolas (de água doce) são notavelmente hipertônicos em relação ao meio em que vivem. Desse modo, estão continuamente recebendo água por osmose. Para descartar-se desse excesso de água, os protozoários dulcícolas, como a ameba e o paramécio, dispõem de um mecanismo especial, o vacúolo pulsátil ou contrátil, que atua inchando-se quando ocorre a entrada de água por osmose e contraindo-se para eliminar essa água que entra, de maneira rítmica.

Invertebrados aquáticos

Em invertebrados aquáticos de água salgada, há normalmente uma isotonicidade em relação ao meio, sendo eles, pois, osmoconformes.

Em invertebrados aquáticos de água doce, entretanto, existe normalmente uma hipertonicidade em relação ao meio. Nesse caso, as estruturas excretoras funcionam principalmente com o objetivo de osmorregulação, podendo-se mesmo dizer que a eliminação de metabólitos seria uma função secundária destas estruturas, mesmo porque a excreção nesse caso também ocorre por difusão a partir da superfície corporal para o ambiente aquático externo.

Peixes cartilagosos

Nos peixes cartilagosos marinhos (não existem peixes cartilagosos de água doce), os fluidos corporais apresentam-se com uma concentração inferior à da água do mar. Como eles possuem uma pele permeável, a tendência é a perda corporal de água por osmose. Para manter o equilíbrio osmótico com a água do mar, eles acumulam no sangue altas taxas de ureia. A ureia é tóxica, e esses são os únicos organismos conhecidos capazes de suportar tais concentrações de ureia. Acumulando ureia, eles adquirem uma isotonicidade ou uma concentração ligeiramente maior em relação ao meio

marinho, sendo chamados de isosmóticos em relação ao meio. Este acúmulo de ureia no sangue para adquirir isotonicidade é chamado uremia fisiológica.

Esta pequena concentração a mais que eles possuem é suficiente para que entrem quantidades moderadas de água por osmose para suprir suas necessidades. Esses animais não ingerem, pois, água.

A manutenção de altos níveis de ureia no sangue, apesar de ser tolerada pelos condrícties, pode desestabilizar muitas proteínas, especialmente enzimas. Sabe-se atualmente que nesses peixes há bloqueio do efeito da ureia sobre as enzimas por uma substância chamada óxido de trimetilamina (aquela responsável pelo típico cheiro de peixe morto). Isso explica por que nos condrícties é possível haver altos níveis de ureia sem prejuízos para o animal.

Peixes ósseos marinhos

Nos peixes ósseos marinhos, a concentração corporal de sais é inferior à do meio (cerca de 1% nos peixes contra 3,5% na água do mar), sendo eles chamados hiposmóticos em relação a esse meio, e como eles possuem uma pele permeável, a tendência é também a perda de água por osmose. Assim, por mais esquisito que pareça, estes animais aquáticos sofrem com o problema de desidratação por fenômenos osmóticos. Para resolver este problema, tais peixes ingerem água salgada para repor água. Esta água salgada é absorvida pelo intestino e cai no sangue. O sangue, ao passar pelos rins e pelas brânquias, elimina os sais através de mecanismos de transporte ativo. Há perda de sal então através das brânquias e da eliminação de uma urina altamente concentrada (com um mínimo possível de água, uma vez que o grande problema para eles é exatamente a perda de água por osmose e a dificuldade de conservação da água corporal).

Peixes ósseos de água doce

Nos peixes ósseos dulcícolas, a concentração corporal de sais é superior à do meio, sendo eles ditos hiperosmóticos em relação a esse meio, e, como eles também possuem uma pele per-

meável, há a tendência de ganho de água por osmose. Desse modo, há entrada por osmose no corpo desses animais, com tendência de igualar as concentrações do meio interno e externo. Se não houvesse um mecanismo osmorregulador, esses peixes tenderiam a morrer por plasmoptise de suas células. Assim, nesses animais, o excesso de água que penetra no corpo por osmose é eliminada através da produção de uma urina abundante e altamente diluída, ou seja, com muita água e poucos sais, para que não haja um desequilíbrio eletrolítico no organismo.

Apesar de os rins absorverem o excesso dos sais durante o processo de formação da urina, boa parte deles é excretada na urina em função de ela ser muito abundante. Com isso, verifica-se perda considerável de sais, que são repostos através dos alimentos e também por reabsorção ativa desses sais do meio externo, por células especializadas situadas nas brânquias. Os peixes de água doce não ingerem a água propositadamente, não sendo, portanto, deste modo que obtêm os sais do meio.

Répteis e aves marinhos

Répteis marinhos (como tartarugas, serpentes marinhas e crocodilos marinhos) e aves marinhas (como albatrozes, gaivotas e pinguins) não possuem a pele permeável (a pele é queratinizada) e conseqüentemente não enfrentam problemas com a aquisição ou perda de água por osmose. O problema enfrentado por eles é a falta de água doce para que eles possam satisfazer suas necessidades em relação à água.

O problema é resolvido pela ingestão de água salgada. Para eliminar o excesso de sal ingerido e que passa à circulação sanguínea, eles dispõem de glândulas especiais na cabeça, junto aos olhos (são análogas às glândulas lacrimais), por onde excretam o excesso de sal. Estas glândulas são chamadas de glândulas de sal. Como a eliminação de sal é constante, esses répteis e aves parecem lacrimejar constantemente.

Em algumas aves, existem ductos que comunicam as glândulas de sal com a região de narinas, sendo a secreção eliminada pois nessa região.

Mamíferos marinhos

Os mamíferos marinhos (como baleias e golfinhos) também possuem a pele impermeável, também não apresentando problemas osmóticos. O problema que eles enfrentam é idêntico ao dos répteis e aves marinhos: a falta de fontes de água doce.

O problema, entretanto, não pode ser resolvido pela ingestão de água salgada, uma vez que os mamíferos não dispõem de estruturas especializadas para a eliminação do excesso de sal. A água de que necessitam, eles obtêm diretamente da sua alimentação, à custa de peixes (os peixes têm uma concentração de 1% de sais em suas células, em contraste com a água do mar, que tem, em média, 3,5% de sais). Por esse meio, os mamíferos marinhos obtêm a água de que necessitam, com um teor compatível de sais.

Os mamíferos marinhos, então, não devem ingerir água salgada. A água salgada porventura ingerida é eliminada pelo orifício respiradouro (as narinas do mamífero, situadas na região dorsal), na forma de jatos de água.

Sobrevivendo a naufrágios...

Da mesma maneira que os mamíferos aquáticos não podem ingerir água do mar por não possuírem estruturas para eliminar o excesso de sal e sofrerem o risco de desidratação (o sangue ficaria hipertônico em relação às células, que sofreriam plasmólise e morreriam), os mamíferos terrestres também não podem.

Se você estiver no meio do oceano, sem uma fonte de água doce, a ingestão de água salgada vai favorecer então a desidratação, por mecanismos já discutidos, e a morte vem de maneira bem mais rápida.

A água do mar contém sódio no dobro da concentração que pode ser filtrada pelos rins de um adulto normal. Quando a única ingestão líquida de uma pessoa for a água do mar, o cloreto de sódio acumula-se no fluido extracelular, resultando na desidratação e morte em poucas horas.

Para obter-se água nesses casos, deve-se recorrer à água da chuva. Se não estiver chovendo, deve-se recorrer ao mesmo artifício utilizado pelos mamíferos marinhos, ou seja, a ingestão de peixe cru, para fornecer a água necessária à sobrevivência.

Tome nota:

TIPOS E EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS EXCRETORES

Nos organismos unicelulares, que são obrigatoriamente aquáticos, a excreção dos produtos do metabolismo se faz em grande parte através da própria membrana plasmática por mecanismo de difusão simples. Os **protozoários de água doce**, entretanto, por serem hipertônicos em relação ao meio e adquirirem água constantemente por osmose, desenvolveram uma organela citoplasmática denominada **vacúolo contrátil ou pulsátil**, que elimina o excesso de água. Esta organela, ao eliminar água, elimina também os catabólitos, com eficiência maior do que a simples difusão, funcionando como um primórdio de estrutura excretora.

Os organismos animais mais simples não possuem órgãos excretores. Assim, **poríferos** e **cnidários** eliminam as excretas simplesmente por **difusão**.

ÓRGÃOS NEFRIDIAIS

Os organismos animais **invertebrados** a partir de platelmintos começam a apresentar estruturas especializadas na eliminação de excretas tóxicas. Estas estruturas excretoras presentes em invertebrados são chamadas genericamente de **órgãos nefridiais** (do grego *nephros*, 'rim'). Os órgãos nefridiais consistem em tubos simples ou ramificados que se abrem para o exterior do corpo através de poros denominados **nefridióporos** ou poros excretores. Estes órgãos nefridiais podem ser de dois tipos: **protonefrídias** ou **metanefrídias**.

PROTONEFRÍDIAS

As **protonefrídias** são tubos dotados de uma **única abertura**, correspondente ao poro excretor (**nefridióporo**). A outra extremidade do tubo, presente na intimidade dos tecidos, encontra-se fechada, terminando em **fundo cego**. Desta maneira, as protonefrídias drenam **as excretas diretamente dos tecidos corporais**. Estas excretas

passam por difusão para o tubo excretor e são conduzidas até o meio externo por meio do nefridióporo.

Como exemplo de protonefrídias temos o sistema excretor de **platelmintos**. Neles, existem diversos tubos ramificados, cujo fundo cego corresponde a células especializadas denominadas **células-flama ou solenócitos**. As células-flama possuem este nome por apresentarem um conjunto de flagelos que, ao movimentarem-se, apresentam movimento semelhante ao da chama de uma vela. Quando os flagelos entram em movimento, criam um fluxo de água que remove água e excretas dos espaços teciduais e as lançam nos tubos com os quais se comunicam. A água em excesso e as excretas são eliminadas pelo poro excretor (nefridióporo) localizado na região dorsal do corpo.

Boa parte da excreção dos platelmintos ocorre por difusão direta das células para o ambiente. A principal função das protonefrídias parece ser a osmorregulação (ver a parte II, sobre osmorregulação, mais à frente), uma vez que estes platelmintos são hipertônicos em relação ao meio e devem desenvolver mecanismos para eliminar o excesso de água que entra por osmose. Assim, quando a salinidade do ambiente diminui, aumenta o número de protonefrídias; quando a salinidade do meio aumenta, diminui o número de protonefrídias.



Organização dos protonefrídios, órgãos excretores dos platelmintos.

Nos **insetos**, temos também um sistema excretor baseado nas protonefrídias, ou seja, um tubo dotado de apenas uma abertura. Este sistema excretor de insetos recebe a denominação de **túbulos de Malpighi**, e drenam as excretas dos tecidos e líquidos corporais (basicamente da hemolinfa). Entretanto, estas excretas não são eliminadas diretamente no meio externo, e sim na porção posterior do intestino médio. Dessa forma, as excreções

são eliminadas juntamente com as fezes. A água e os sais que porventura tenham sido drenados pelos túbulos de Malpighi são reabsorvidos por estruturas denominadas glândulas retais, presentes na porção final do tubo digestivo. Tanto as fezes como as excretas a elas associadas são eliminadas a seco, na forma sólida, representando economia da água para o inseto.

METANEFRÍDIAS

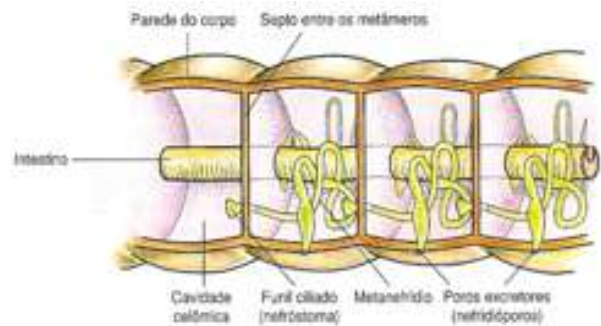
As **metanefrídias** são tubos dotados de **duas aberturas**, correspondentes ao poro excretor (**nefridióporo**), que se abre no meio externo, e ao **nefróstoma**, que se abre na cavidade interna do corpo do invertebrado, ou seja, o **celoma**.

Desta maneira, ao contrário das protonefrídias que drenavam os tecidos, **as metanefrídias drenam as excretas a partir do líquido da cavidade celomática**. Neste caso, as excretas difundem-se dos tecidos para o celoma, e a abertura da metanefrídia no celoma, chamada nefróstoma, retira estas excretas, conduzindo-as por tubos excretores até o poro excretor (nefridióporo), que as elimina no meio externo.

Para remover as excretas do líquido celomático, o nefróstoma é dotado de cílios que, ao movimentarem-se, criam um fluxo de água, de maneira análoga ao que ocorre com as células-flama. Devido à presença dos cílios, o nefróstoma apresenta a forma de um **funil ciliado**.

O tubo da metanefrídia é circundado por uma rede de **capilares sanguíneos**, que reabsorvem substâncias úteis que tenham difundido para o celoma e sido drenadas pela metanefrídia e eliminam certas excretas presentes no sangue diretamente para a metanefrídia. Dessa maneira, à medida que o fluido drenado percorre a metanefrídia, sua composição vai sendo alterada: água e substâncias úteis, como glicose e sais, são reabsorvidas, enquanto excretas nitrogenadas e substâncias em excesso vão progressivamente se concentrando. O fluido aquoso que contém as excreções é a urina, que será eliminada pelo poro excretor.

Animais como **anelídeos, moluscos, crustáceos e aracnídeos** apresentam sistemas excretores na forma de metanefrídias.



Metanefrídios em anelídeos.

Nos **moluscos**, as metanefrídias recebem o nome de **órgãos de Bojanus**.

Nos **crustáceos**, as metanefrídias apresentam-se na forma de **glândulas verdes ou antenais**, situadas na região da cabeça (cefalotórax). A glândula antenal consiste de um saco celômico (o que resta do celoma do crustáceo no indivíduo adulto), uma câmara glandular esverdeada, um tubo excretor e uma bexiga. Substâncias presentes no sangue são absorvidas pelo saco celômico por difusão, de onde passam para a câmara glandular através do nefróstoma. Aí, sua composição é modificada pela reabsorção de substâncias úteis, que são lançadas de volta para o sangue. Sobram apenas as excretas e um pouco de água, eliminadas através de um poro localizado na base das antenas.

Nos **aracnídeos**, as metanefrídias apresentam-se na forma de **glândulas coxais**, cujo funcionamento é semelhante ao descrito para as glândulas verdes, sendo que os poros excretores se abrem no cefalotórax na base das pernas (daí o termo “coxais”).

RINS

Os organismos animais vertebrados apresentam estruturas excretoras denominadas **rins**. Cada rim é formado por milhares ou milhões de unidades filtradoras, os **néfrons**, além de tecido conjuntivo que sustenta, nutre e dá forma ao órgão. Tais néfrons são constituídos de duas estruturas: um **túbulo néfrico** e um **corpúsculo renal**. Os **túbulos néfricos** podem se abrir na cavidade celomática, por meio de uma comunicação denominada **nefróstoma**, e/ou no interior de espaços em forma

de cálice, denominados **cápsulas renais ou de Bowman**. A cápsula renal, quando presente, envolve um enovelado de capilares, denominado glomérulo, a partir do qual ocorre a filtração do sangue. O conjunto de **glomérulo** mais cápsula renal é denominado **corpúsculo renal**.

O rim é uma estrutura completamente de origem mesodérmica.

De acordo com o tipo de néfron e a localização dos rins, podemos diferenciar três tipos de rins nos vários grupos de vertebrados: **rins pronefros, rins mesonefros e rins metanefros**.

RINS PRONEFROS

Os **rins pronefros** (do grego *pro*, 'anterior') localizam-se na região anterior do corpo, sendo também chamados **rins cefálicos ou larvais**.

A estrutura destes tipos de rins baseia-se nas **metanefrídias** de invertebrados, ou seja, ele é dotado de um nefróstoma, um funil ciliado que drena o celoma, e um nefridióporo ou poro excretor. A grande diferença é que, neste caso, todos os nefróstomas convergem para um único tubo, denominado **ducto arquinéfrico** (correspondentes aos túbulos néfricos descritos anteriormente), havendo, pois, um nefridióporo comum a todos os nefróstomas. Existe um ducto arquinéfrico em cada metade do corpo do animal, equivalentes aos dois rins existentes. É bom deixar claro: **este tipo de rim drena o líquido celomático, a partir do nefróstoma, retirando dele as excretas do organismo**.

Os rins pronefros localizam-se logo atrás da cabeça (daí o termo **cefálico**) e é formado por poucos pares de néfrons. Estes poucos néfrons encontram-se aos pares, onde cada par corresponde a um segmento do corpo, sendo pois os rins pronefros **rins segmentados**.

Os rins pronefros ocorrem em todos os vertebrados atuais, pelo menos na fase embrionária. São funcionais nas larvas dos peixes ósseos e nas dos anfíbios, e por um curto período de tempo nos embriões de répteis (daí o termo **larval**). Existem, mas não são funcionais, nos embriões de aves e de mamíferos.

Este tipo de rins é funcional apenas em um número restrito de adultos de vertebrados, só ocorrendo nos **adultos** dos **ciclóstomos (agnatas)** e de **alguns peixes ósseos**. É importante notar-se que os rins pronefros não são os únicos rins funcionais nestes vertebrados, pois também ocorrem os rins mesonefros.

RINS MESONEFROS

Os **rins mesonefros** (do grego *meso*, 'médio') localizam-se na região média do corpo, sendo também chamados de **rins torácicos**.

A estrutura destes rins assemelha-se à dos pronefros, havendo também **nefróstomas** drenando o celoma, ligados a um **ducto arquinéfrico** e um poro excretor comum. Entretanto, aparece uma grande inovação, correspondente a estruturas filtradoras, que removem as excretas diretamente do sangue. Estas estruturas filtradoras são dotadas de um conjunto de vasos sanguíneos (os **glomérulos**) que se enovelam no interior de uma cápsula (a **cápsula de Bowman**) que recolhe o filtrado para um ducto arquinéfrico (o mesmo que recolhe o filtrado proveniente do celoma), e deste para o poro excretor. É bom deixar claro: **este tipo de rim drena tanto o líquido celomático como o sangue**, respectivamente a partir do nefróstoma e da cápsula renal, retirando deles as excretas do organismo.

Os rins mesonefros localizam-se na região mediana do corpo (daí o termo torácico) e é formado por um ducto arquinéfrico (túbulos néfricos) mais longo e contorcido que o dos rins pronefros. Os néfrons também se encontram aos pares, sendo **rins segmentados** na sua porção mais anterior, mas sendo **rins não segmentados** na sua porção mais posterior.

Os rins mesonefros ou rins dos anamniotas ocorrem em embriões e **adultos** de anamniotas, ou seja, **peixes e anfíbios**, e nos embriões dos amniotas, ou seja, répteis, aves e mamíferos.

RINS METANEFROS

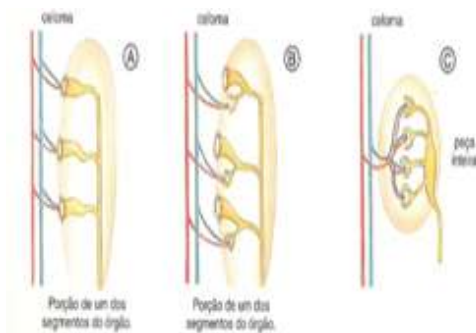
Os **rins metanefros** (do grego *meta*, 'posterior') localizam-se na região posterior do corpo, sendo também chamados **rins abdominais**.

A estrutura destes rins assemelha-se à dos mesonefros, havendo os túbulos néfricos (agora não mais na forma do ducto arquinéfrico) e os corpúsculos renais para drenar as excretas a partir do sangue. A grande diferença é a **ausência dos nefróstomas**, não havendo pois drenagem a partir do celoma. É bom deixar claro: **este tipo de rim drena apenas o sangue**, a partir dos corpúsculos renais e túbulos néfricos.

Os rins mesonefros localizam-se na região mais posterior do corpo (daí o termo **abdominal**) e é formado por milhares ou milhões de néfrons. **Nunca são segmentados**.

Os rins metanefros ou rim dos amniotas é o último a se diferenciar embrionariamente. Neles, os nefróstomas desaparecem e o ducto arquinéfrico se alonga, sendo que a região do pescoço desta projeção torna-se o ureter, que se ramifica dentro do rim metanefro formando ductos coletores que se comunicam com os túbulos renais.

Os rins metanefros ou rins dos amniotas aparecem nos adultos de **répteis, aves e mamíferos**.



- A.** Rins pronefros (segmentados, situados anteriormente na cavidade do corpo, com nefróstomas abrindo-se no celoma).
B. Rins mesonefros (segmentados, desenvolvendo-se na região média do corpo, dotados de nefróstomas e de glomérulos).
C. Rins metanefros (não segmentados, localizados na região posterior do tronco, sem nefróstomas, ricos em glomérulos).

Os rins pronefros e mesonefros coexistem nas larvas de ciclóstomos como feiticeiras e anfíbios ápodes como cecílias. Estes rins são denominados **holonefros** e são considerados pela moderna Biologia como o tipo mais primitivo e ancestral de rim.

Para uma melhor descrição dos rins metanefros, será descrita anatômica e funcionalmente a estrutura do rim humano.

Cuidado! Rins pronefros não são formados por protonefrídias, mas sim de metanefrídias; da mesma maneira, rins metanefros não são formados por metanefrídias, mas sim de néfrons.

Tome nota: