

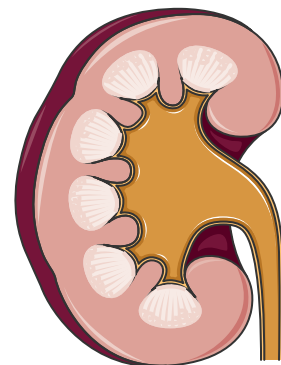
11. SISTEMA URINÁRIO

Composto por dois rins e pelas vias urinárias (dois ureteres, vesícula urinária e uretra), o sistema urinário é responsável pela produção e eliminação da urina, a qual será formada nos rins, conduzida até a vesícula urinária (bexiga) pelos ureteres, temporariamente armazenada na mesma e depois eliminada pela uretra.

A função principal de produzir e excretar urina é importante na manutenção da homeostase. A urina formada permite eliminar do organismo substâncias em excesso e/ou conservar (diminuir a excreção) de substâncias em falta/deficiência. Assim, atua no balanço hídrico-eletrolítico (regula quantidade de água e íons) e ácido-base (regula quantidade de H^+ ou HCO_3^-) do organismo; realiza a remoção de substâncias indesejáveis (excreção de toxinas, drogas) e não mais necessárias (excreção de metabólitos, excesso de íons). Também participa na ativação da vitamina D (importante na manutenção de níveis adequados de Ca^{2+}), além de ter função endócrina (secreção de hormônios como a renina, que participa da regulação da pressão sanguínea, e eritropoetina, que estimula a formação de novos eritrócitos/hemácias na medula óssea).

RINS

Caracterizados por seu formato similar a um grão de feijão, os rins são envoltos por uma cápsula de tecido conjuntivo denso não modelado e podem ser divididos histologicamente em zona cortical (mais externa) e a zona medular (mais interna).



O **néfron** - unidade morfofuncional do rim - é responsável pela filtração do sangue e formação da urina, somando na ordem de milhões de néfrons por rim. Os néfrons são compostos por um **corpúsculo renal** (glomérulo + cápsula glomerular / de Bowman) e

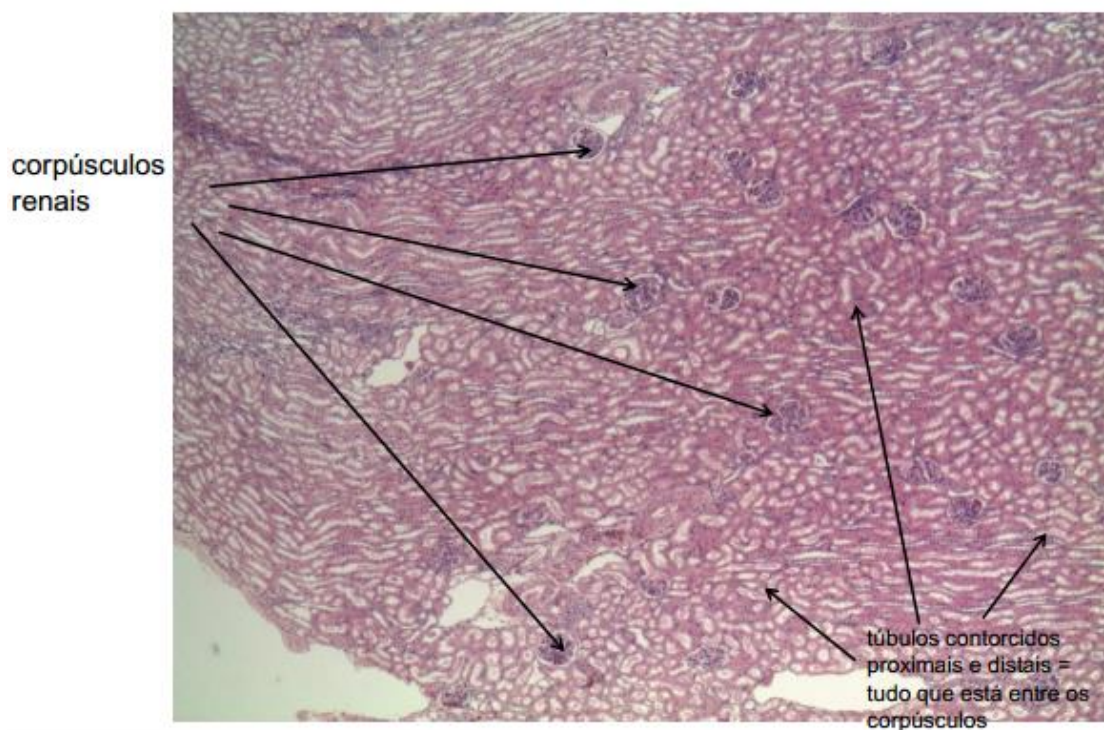


túbulos renais (túbulo contorcido proximal, alça de Henle e túbulo contorcido distal). A urina do néfron é depois conduzida ao ducto coletor que serve a vários néfrons.

Na zona cortical (**córtex**; região mais superficial, periférica do órgão) são encontradas majoritariamente as porções dos **néfrons** que incluem os corpúsculos renais e os túbulos contorcidos proximais e distais. Na zona medular (**medula**; região mais central e interna do órgão), por sua vez, são encontradas as porções das alças de Henle (ramo descendente fino e ramo ascendente espesso) e os ductos coletores.

Lâmina 35 – RIM

Córtex com corpúsculos renais (cápsula glomerular ou de Bowman + glomérulo; o espaço entre a cápsula e o glomérulo, o ESPAÇO glomerular ou de Bowman, onde a urina primária é coletada) e túbulos contorcidos proximais e distais



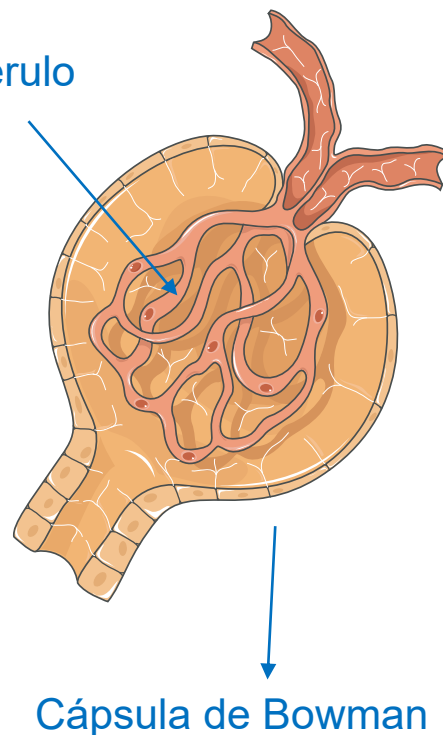
Essa característica se dá pela disposição dos néfrons no interior dos rins. Os **corpúsculos** se dispõem no **córtex** e de cada um deles se forma a porção tubular do néfron. A primeira parte da porção tubular, que se origina a partir do corpúsculo, é o chamado **túbulo contorcido proximal (TCP)** e dele o túbulo se continua indo em direção à medula. Na **medula**, porém, o túbulo inverte a direção, seguindo agora de volta ao córtex, formando assim, a **alça de Henle**. Esta alça tem então um ramo descendente em direção à medula, de diâmetro menor que as outras partes do néfron - daí ser **chamado ramo descendente fino da alça de Henle** -, e um ramo ascendente indo da medula em direção ao córtex, sendo este de espessura maior (chamado de ramo **ascendente espesso ou grosso da alça de Henle**). O ramo ascendente se continua então no **túbulo contorcido distal (TCD)**, já no **córtex**, e que passa **ao lado do corpúsculo renal de origem** e depois se abre para o duto coletor. Cada **duto coletor (DC)** recebe a urina formada de vários néfrons. Os DCs se dirigem então à **medula**, conduzindo a urina para a pelve renal.

Figura néfron no rim; cápsula, podócitos

CORPÚSCULOS RENAIIS

O **corpúsculo renal** – ou **de Malpighi** - é a parte inicial do néfron e é composta pelo **glomérulo** (porção vascular, formada por um emaranhado de capilares no interior da cápsula) e pela **cápsula glomerular** (ou cápsula de Bowman) – porção epitelial. A cápsula glomerular é formada por dois folhetos (duas camadas separadas de células epiteliais). O **folheto visceral** da cápsula é mais interno revestindo os capilares do glomérulo e é constituído de células especiais chamadas **podócitos**. Essas células epiteliais especiais têm prolongamentos como pequenos “braços” e “dedos”, que envolvem externamente a parece dos capilares do glomérulo. O

Glomérulo



Cápsula de Bowman

folheto parietal forma a parede externa da cápsula glomerular e é constituído de epitélio pavimentoso simples. O espaço entre os dois folhetos é referido como espaço capsular ou de Bowman e é onde se acumula o líquido filtrado (urina primária) que passou através da parede dos capilares e pelos podócitos que formam o folheto visceral da cápsula glomerular.

O glomérulo pode ser descrito como um enovelado de capilares sanguíneos fenestrados (vide Sistema Cardiovascular), portanto, bastante permeáveis, onde o sangue arterial circulante será filtrado (através dos poros dos capilares). O sangue chega ao glomérulo vindo de uma arteríola aferente e sai do glomérulo pela arteríola eferente.

A cápsula glomerular é a estrutura que envolve os glomérulos e que recebe o líquido resultante da filtração do sangue, que se dá através da barreira de filtração, ou seja, o “filtro”, constituído da parede dos capilares fenestrados (endotélio – epitélio pavimentoso simples – com poros) e dos podócitos do folheto visceral (camada interna) da cápsula glomerular, os quais revestem os capilares. No processo de filtração praticamente todas as substâncias (exceto proteínas e células) do plasma sanguíneo passam para a urina primária no interior do espaço glomerular. O produto resultante da filtração glomerular passa então para a porção tubular para continuar a formação da urina.

PORÇÃO TUBULAR

- Túbulo contorcido proximal

Dando continuidade ao polo urinário do corpúsculo renal, o folheto parietal da cápsula de Bowman dá continuidade ao epitélio cúbico simples do túbulo

contorcido proximal (TCP). Esse segmento do néfron **(re)absorverá** (recuperando para o organismo) a totalidade da **glicose** e dos **aminoácidos** contidos no filtrado glomerular via **transporte ativo**, e cerca de **70% da água (transporte passivo)**, e **íons** (Na^{2+} , Cl^- , K^+ e H_2CO_3), também por **transporte ativo**. O material (re)absorvido no TCP é depois passado ao sangue de capilares que passam próximos aos túbulos, sendo assim restituídos ao organismo. Por ser um local de intensa absorção, as células desse epitélio são ricas em mitocôndrias para o transporte ativo e em **microvilos** na borda apical (voltada para luz do túbulo) das células, para ter maior superfície de membrana plasmática disponível para absorção, mas sem aumentar o tamanho celular. Os microvilos abundantes podem ser percebidos nas lâminas histológicas usuais (região de coloração mais intensa na superfície luminal do epitélio) e são chamados de borda em escova.

- Alça de Henle

Em continuidade ao TCP, a porção tubular do néfron se continua na alça de Henle que se caracteriza por seu formato em U, consistindo em um segmento delgado descendente (em direção à medula) e um segmento mais espesso e ascendente (retornando em direção ao córtex). O **ramo delgado** é constituído de **epitélio pavimentoso simples**, enquanto que o **ramo espesso** volta a ser um **epitélio cúbico simples**.

Embora o segmento **delgado descendente** da alça de Henle seja completamente permeável à água (portanto, essa parte da alça **absorve água**), o segmento **ascendente espesso** é impermeável. Nesta região, o **NaCl** é (re)absorvido por **transporte ativo**. As substâncias absorvidas (água e NaCl) retornam ao sangue de capilares que passam próximos às alças.

-Túbulo contorcido distal

Após o trajeto na alça de Henle, o produto da filtração passa para o **túbulo contorcido distal (TCD)**, também revestido por **epitélio cúbico simples**.

As células do TCD possuem invaginações na membrana com mitocôndrias, as quais atuarão no transporte de íons. Em uma região diferenciada, algumas células do TCD tornam-se cilíndricas, altas e com núcleos alongados. Esse segmento aparece mais escuro em lâminas histológicas, e é então denominado **mácula densa**. Essa região específica é sensível ao conteúdo de NaCl no fluido tubular. Quando o conteúdo diminui, as células liberam **prostaglandinas** (mediadores químicos de ação local de sinalização parácrina), as quais estimulam células especiais da parede da **arteríola aferente (células justaglomerulares)** a liberar **renina** na circulação, que resultará na ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona e por fim na elevação da pressão arterial.

No TCD o filtrado ainda não é denominado urina, sendo um ultrafiltrado, onde 85% das substâncias já foram reabsorvidas. No TCD, haverá uma **regulação fina** da quantidade de água. Apesar de 75% do conteúdo ser reabsorvido no TCP, nesta região não existe controle hormonal, onde a absorção de água é um efeito direto da absorção dos íons. No TCD, por outro lado, a urina sendo formada será regulada por efeito da **aldosterona**, caso esteja presente na circulação sanguínea. Esse hormônio esteroide (mineralocorticoide) é produzido na zona glomerulosa do córtex da adrenal (ver capítulo 9 Sistema Endócrino, pg 89). A aldosterona é importante para a conservação de sódio no organismo, de forma que na sua presença, o TCD irá **(re)absorver sódio**, diminuindo sua excreção (eliminação) pela urina, além de resultar em **(re)absorção de água**. Assim, esse efeito contribui para regular a pressão arterial sanguínea (se a pressão estiver baixa, há necessidade de reabsorver mais sódio e água).

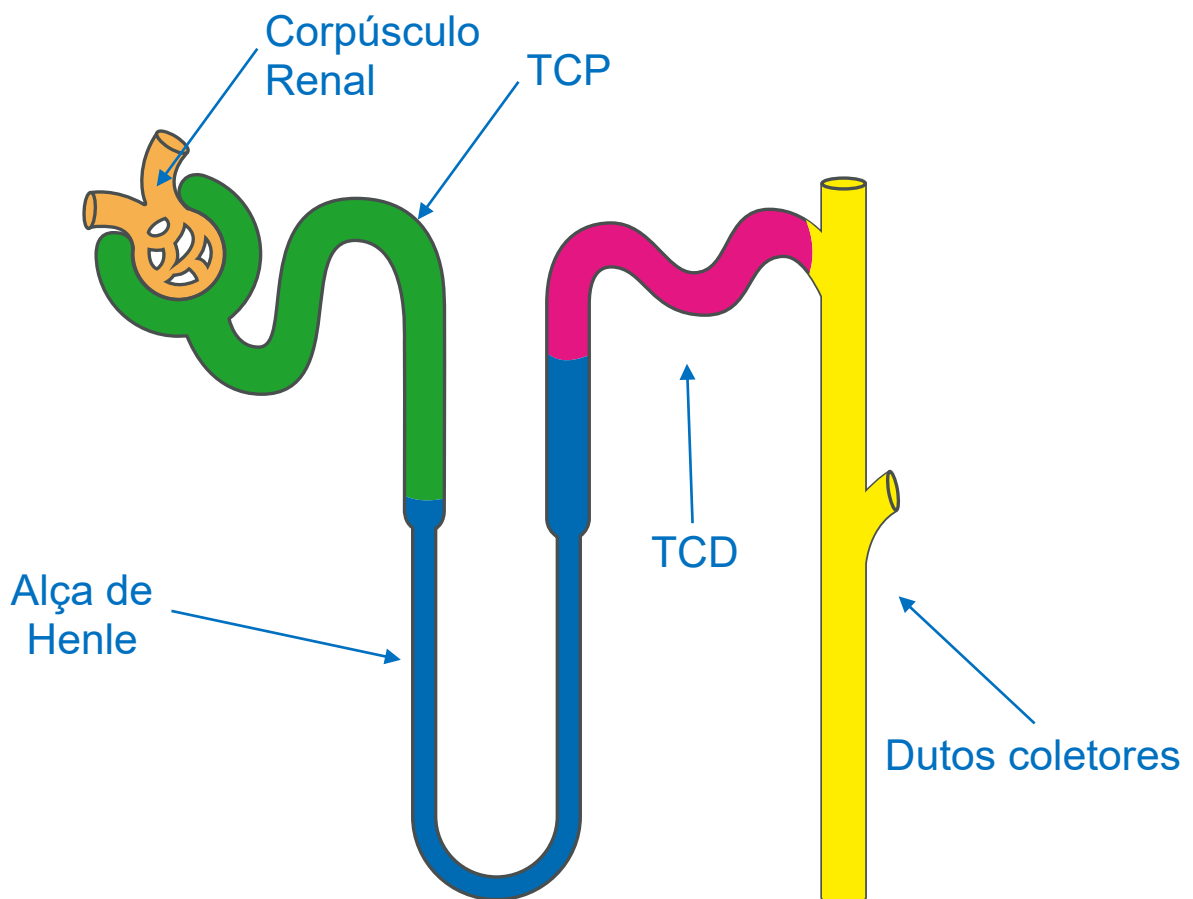
DUTOS COLETORES

A urina passa dos TCD para os dutos coletores, os quais consistem em **epitélio cúbico simples**, constituído pelas **células principais** (claras), mais abundantes, e pelas **células intercaladas** (escuras), caracterizadas por possuírem maior número

de mitocôndrias. As **células principais** também são responsivas à **aldosterona** atuando do mesmo modo que células do TCD (reabsorção de sódio).

Em relação às células intercaladas, o maior número de mitocôndrias reflete o **transporte ativo de H^+** nestas células. Há dois tipos de células escuras: a célula **tipo A**, responsáveis pela **excreção de H^+** na urina, acidificando-a, e a célula **tipo B**, responsáveis pela **absorção de H^+** , tornando-a mais alcalina. Essas células são importantes então para a regulação do pH (equilíbrio ácido-base) do organismo.

De forma semelhante, o **hormônio antidiurético** (ADH ou vasopressina), secretado pela **neurohipófise** (ver capítulo 9 Sistema Endócrino, pg 86), atua nos dutos coletores, tornando as **células principais** mais permeáveis à água, quando necessário. Quando em situação de desidratação, o ADH permitirá a (re)absorção de água do filtrado, deixando a urina hipertônica (mais concentrada em solutos). Quando houver excesso de água no sangue, no entanto, tal concentração inibirá a produção de ADH e, na falta desse hormônio, os tubos coletores continuarão impermeáveis à água, e a urina liberada será hipotônica (mais diluída em solutos).



VIAS URINARIAS

Como citado anteriormente, após produzida nos rins (néfrons), a urina é conduzida pelos ureteres até a vesícula urinária (bexiga), onde é armazenada temporariamente e depois lançada ao exterior do organismo via uretra.

Responsável por **propelir a urina dos rins à vesícula urinária** (bexiga), histologicamente, o **ureter** pode ser descrito como um **tubo** composto por **camadas** mucosa (interna em contato com a luz), muscular (intermediária) e adventícia (mais externa). Sua camada **mucosa** é dada um **epitélio de transição**, apoiado sobre a **lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo**. A camada **muscular** é dada por fibras de **músculo liso**, dispostas internamente no sentido longitudinal e externamente em sentido circular. A camada **adventícia**, por sua vez, constituída de **tecido conjuntivo frouxo**, possuindo vasos sanguíneos, células adiposas e fibras nervosas.

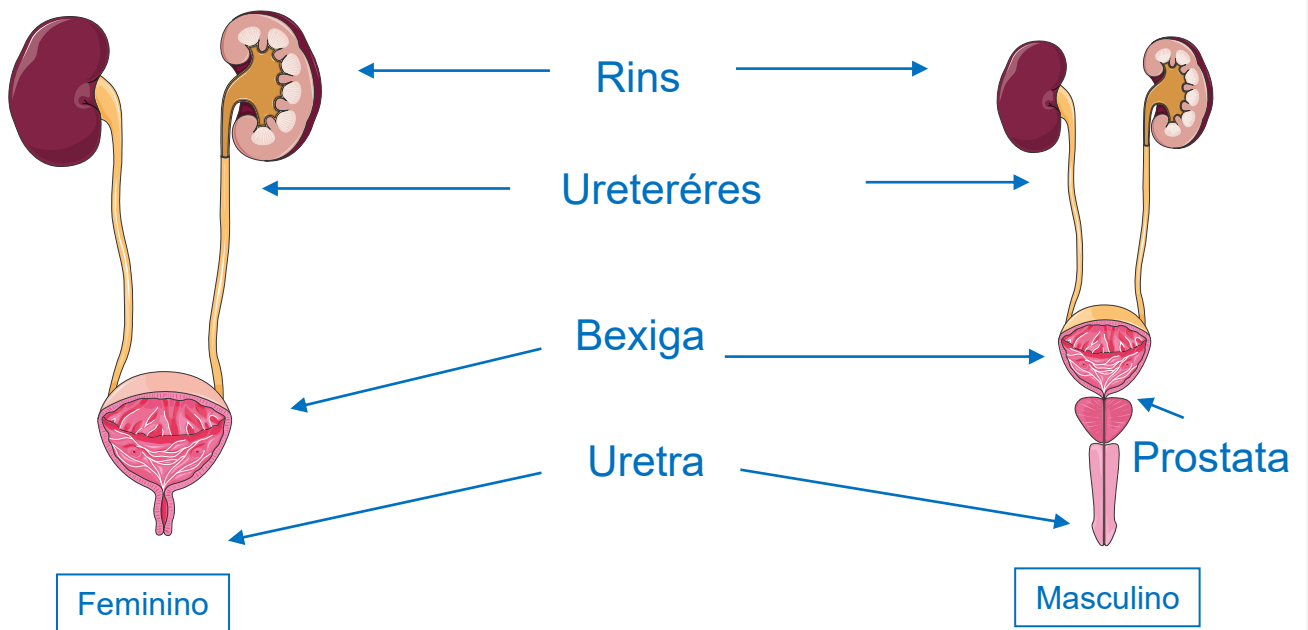
A **vesícula urinária** (bexiga), responsável pelo **armazenamento temporário da urina**, é um órgão oco, semelhante a uma bolsa, cuja composição histológica assemelha-se à do ureter, apesar de mais espessa. Possui camada **mucosa** revestida por **epitélio de transição**, seguida por **lâmina própria de tecido conjuntivo**, de **frouxo a denso**; **camada muscular lisa** disposto em três camadas, a qual, junto à uretra a forma o esfíncter interno da bexiga, e **camada serosa** (**porção superior**; **tecido conjuntivo** delimitado pelo **mesotélio** de **epitélio pavimentoso simples**) ou **adventícia** (**restante do órgão**; apenas **tecido conjuntivo** não delimitado).

Dando continuidade à via urinária, a **uretra** é a porção terminal do aparelho urinário, **lançando a urina da bexiga ao meio externo**. Estando ligada à porção reprodutora nos machos, a uretra terá diferentes aspectos quanto ao sexo do animal.

A **uretra masculina** é dada por três porções: Prostática – região próxima à bexiga,

revestida por epitélio de transição; Membranosa - revestida por epitélio pseudo-estratificado cilíndrico, e caracterizada por possuir esfíncter externo da uretra; e Cavernosa/Peniana – localizada no corpo cavernoso do pênis, é revestida por epitélio pseudo-estratificado cilíndrico, com regiões revestidas por estratificado pavimentoso.

Em contraste, a **uretra feminina** é dada por uma única porção, revestida por epitélio pavimentoso estratificado com áreas de pseudoestratificado cilíndrico, possuindo o esfíncter externo da uretra.



Lâmina 65 - BEXIGA

Mucosa = epitélio de transição, lâmina própria-submucosa;
muscular e serosa – não mostrados



FORMAÇÃO E ELIMINAÇÃO DA URINA

Dadas as descrições morfológicas e anatômicas do sistema urinário, pode-se descrever de forma simples o processo básico da formação da urina. O sangue chega ao rim através das artérias renais aferentes e através de uma série de arteríolas, será direcionado ao glomérulo de Malpighi.

No interior do glomérulo, este sangue será submetido a uma forte pressão, forçando a passagem de substâncias de menor tamanho dissolvidas no sangue (como a água, a ureia, sais, glicose e aminoácidos) para o interior da cápsula de Bowman. As moléculas maiores, como as proteínas, não conseguem passar através da parede dos glomérulos, ficando retidas. Ao conjunto de substâncias que foram devidamente filtradas, é dado o nome de urina primária ou filtrado glomerular.

A urina primária segue então por uma série de alças e dutos, nos quais parte da água e algumas substâncias, como vitaminas e sais minerais, são reabsorvidos e voltam para a circulação sanguínea. O produto final é então conduzido em direção ao duto coletor, e o sangue filtrado deixa o rim através da veia renal eferente.

O produto final resultante da filtração e reabsorção, a urina, deixa os néfrons através dos dutos coletores e chega ao ureter, o qual encaminhará a urina até a bexiga urinária, onde a urina será armazenada até sua eliminação. Da bexiga, a uretra transporta a urina em direção ao meio externo.

- Revisão

Como são organizados histologicamente e quais as funções dos diferentes componentes do sistema urinário?

- rins
- vias urinárias
 - Ureteres
 - Vesícula urinária (bexiga)
 - Uretra