

**SLIDE 1 – TÍTULO DA AULA**

**CONCEITOS INTRODUTÓRIOS SOBRE SISTEMA NERVOSO**

**Curso de Ciências Biomédicas – BMA 135  
27/04/2021**

**Jackson C. Bittencourt  
Departamento de Anatomia ICB-USP  
[jcbitten@icb.usp.br](mailto:jcbitten@icb.usp.br)**

**Por favor, qualquer dúvida, entrem em contato através do e-mail acima.**

## **SLIDE 2 – PONTOS A SEREM ABORDADOS NESTA AULA**

1. Propriedades da célula: irritabilidade, condutibilidade, contratilidade e plasticidade
  2. Conceito de estímulo para o Sistema Nervoso
  3. Conceito de receptor para o Sistema Nervoso
  4. Conceito de Meio Externo, Interno e Meio ambiente para o SN
  5. Neurônio, Glia, Sinapse e Substâncias Neuroativas (neurotransmissores e neuromoduladores), Conceito de Substância Branca e Cinza
6. Esquema de Funcionamento do Sistema Nervoso e das vias aferentes, de associação e eferentes
  7. Conceito de Efetores para o Sistema Nervoso
  8. Divisão Embriológica do Sistema Nervoso
  9. Divisão Anatômica do Sistema Nervoso
  10. Divisão Funcional do Sistema Nervoso
  11. Definição do Sistema Nervoso e Suas Funções

### SLIDE 3

Para definir o sistema nervoso precisamos primeiro definir alguns conceitos fundamentais que juntos irão definir o que é o sistema nervoso. Dessa maneira, apenas no último slide teremos a definição do sistema nervoso.

O primeiro deles é conceituar as propriedades básicas de uma célula qualquer: a célula pode ter uma ou todas essas propriedades:

Irritabilidade = propriedade de uma célula responder a estímulos (a ser definido mais a frente) do meio ambiente (definiremos meio ambiente mais a frente).

Condutibilidade = propriedade de uma célula conduzir algum tipo de energia.

Contratilidade = algumas células têm a propriedade de se contraírem e relaxarem.

Plasticidade = a capacidade de uma célula se regenerar, ou modificar-se em relação ao meio e/ou necessidade.

**O sistema nervoso baseia-se principalmente na capacidade de uma célula ou conjunto delas de responder a estímulos, ou seja, no princípio da irritabilidade.**

## **SLIDE 4**

MICROFOTOGRAFIA DE UMA AMEBA: EXEMPLO DE UM SER UNICELULAR QUE TEM TODAS AS PROPRIEDADES RELATADAS NO SLIDE ANTERIOR.

## SLIDE 5 – Conceito de Estímulo

Estímulo é toda variação de energia ( $\Delta e$ ) que seja proveniente do meio interno ou do externo.

### **Exemplos:**

$\Delta e$  luminosa

$\Delta e$  sonora

$\Delta e$  mecânica

$\Delta e$  cinética

$\Delta e$  térmica

## SLIDES 6 E 7

Como um organismo recebe um estímulo e responde ao meio em que se encontra.

No slide 6 o organismo, muito simples (unicelular), recebe um estímulo e responde ao meio externo dele, com a capacidade de interagir ao estímulo, aquela resposta pode voltar a perturbar o mesmo organismo (adaptação).

No slide 7 o organismo, agora mais complexo (multicelular), recebe um estímulo e responde ao meio externo, mas com a capacidade de que aquele estímulo pode retornar ao mesmo organismo e crie nele a capacidade de armazenamento daquela resposta e do estímulo, portanto, o aparecimento da “memória” e “aprendizado”.

## **SLIDE 8**

Um organismo organizado de forma menos complexa possui em sua superfície projeções de células (neurônios aferentes – neurônios com informações da entrada de estímulo) que se tornaram receptoras e conectam-se a outro neurônio (neurônios eferentes – que levam o comando para a resposta), e esse ao músculo. Dessa maneira, aquele estímulo recebido provoca o aparecimento de uma resposta ao meio externo na forma de um movimento desse organismo naquele mesmo segmento do organismo.

## SLIDE 9

Um organismo mais complexo (por exemplo: um animal multissegmentado) desenvolve a capacidade de receber o estímulo em um segmento e responder de forma plurissegmentar, isso é devido ao aparecimento de mais um neurônio nesse circuito, o **neurônio de associação**. Portanto, temos aqui um circuito neural que evoluiu para dar a esse organismo a capacidade de resposta mais eficiente dele em relação ao meio externo. Ou seja, além de continuarmos a ter o **neurônio aferente** (que nesse caso é o próprio receptor), ele se comunica com um **neurônio eferente** que se dirige ao músculo do mesmo segmento, mas também a um outro neurônio existente entre um segmento e outro (**neurônio de associação**), esse neurônio se comunica com o **neurônio eferente** do segmento seguinte. Dessa maneira, dando ao animal a capacidade de responder de forma global. Exemplo: uma agulha que nos espete tem várias possibilidades de circuito no SN, vamos ver aqui somente dois, primeiro, você recebe uma agulhada no dedo e logo retira o dedo do local para evitar se machucar mais, isso é um ato reflexo, que envolve somente **a aferência e a eferência**; entretanto, ao mesmo tempo essa informação sobe até outras regiões do SNC que a compara com outras informações já existentes, e sabe então que isso foi uma agulhada, esse outro circuito que analisou, comparou, chamou pela memória e finalmente “classificou” esse estímulo de agulhada é chamado de “**associação**”, além de dar o aspecto emocional de alguma coisa desagradável.

## SLIDE 10

Conceito de receptor para o sistema nervoso: estruturas biológicas que se desenvolveram para captar um estímulo (variação de energia -  $\Delta e$ ) e transformá-la em uma energia que o sistema nervoso (SN) entenda, o impulso nervoso (IN), que nada mais é que outra forma de  $\Delta e$  (nesse caso elétrica ou química). Exemplos do slide (da esquerda para a direita): na orelha interna temos o labirinto ósseo que abriga dois tipos de receptores diferentes: **um**, os canais semicirculares (a esquerda do labirinto) que são sensíveis a variação de energia cinética (movimentos da cabeça), para que a partir dessa informação os indivíduos possam organizar a resposta de equilíbrio; **dois**, a cóclea (a direita no labirinto), que transforma a energia sonora em mecânica (através do tímpano), e que novamente ela (a cóclea) transforma em impulso nervoso que será interpretado como som no cérebro; **três**, retina, a luz que incide em nossos olhos chega até a retina, que contém 10 camadas de células, e transforma essa variação de energia luminosa em impulso nervoso que chega até o cérebro e é interpretada como imagem; **quatro**, na pele temos terminações nervosas livres (prolongamentos de células nervosas – finos fios negros na microfotografia) que captam estímulos, e esses se forem danosos ao indivíduo, serão transformados em impulsos nervosos de dor, e se tornam sinais de alarme.

## SLIDE 11 – Conceito de Meio Ambiente para o Sistema Nervoso

Imaginando que o nosso corpo possa ser estilizado em dois tubos, um dentro do outro, e que o tubo de dentro seja a junção de todos os sistemas orgânicos do nosso corpo, que já se encontram organizados de forma tubular (exemplos: sistema urinário, sistema genital, sistema respiratório, sistema digestório, etc.), e o tubo maior que engloba esse. Esse tubo maior tem a **superfície externa** constituída pela pele (pele e mais os seus anexos: pelos, glândulas sebáceas e sudoríparas e as mamas). Além disso, temos uma parte que fica entre a **superfície externa** e a **superfície interna** (revestimento de todos os sistemas orgânicos: mucosa do tubo digestório, por exemplo), essa parte entre uma superfície e outra é chamada de **parte própria**, que contem a grande massa de músculos, ossos, articulações, tendões, vasos sanguíneos, glândulas endócrinas e as grandes cavidades viscerais (tórax, abdômen e pelve). Todo esse conjunto é conectado ao SN através de estruturas receptoras (como as que foram exemplificadas em slide anterior), que conforme a sua localização é denominada de forma diferente, qual seja: na superfície externa, **exteroceptores** (exemplo: terminações nervosas livres); **proprioceptores**, localizados principalmente nos músculos e tendões (exemplo: órgão tendinoso de Golgi – informa sobre o estado de contração de um músculo qualquer) e finalmente, os **interoceptores ou viscerceptores**, que estão localizados na superfície interna, ou seja, na parede das vísceras ou na parede de vasos (exemplos: terminações nervosas que informam o grau de dilatação do nosso estomago, informando ao nosso SN que estamos saciados; ou os barorreceptores, que se encontram na artéria carótida e na aorta e informam ao SN as mudanças de pressão arterial). Dessa forma temos que:

**Meio Externo** = tudo o que estiver para fora da superfície externa e para dentro da superfície interna (exemplo: o ar que respiramos é o mesmo que está fora da superfície externa e para dentro da superfície interna, dentro de nossos alvéolos, mas com uma mudança apenas de conteúdo gasoso).

**Meio Interno** = a superfície de nossas vísceras que transportam o que foi absorvido através dessas mucosas, para dentro dos vasos sanguíneos, portanto, o meio interno clássico é o conjunto de vasos sanguíneos (artérias e veias e o que está dentro deles).

**Meio Ambiente para o SN** = é, portanto, a soma dos meios interno e externo e os estímulos provenientes deles ou submetidos a eles.

**SLIDE 12 - Neurônio, glia, sinapse e substâncias neuroativas (neurotransmissores e neuromoduladores)**

### SLIDE 13 -Desenho ilustrativo de um neurônio

O SN é constituído por vários tipos celulares, sendo que, aquele que principalmente conduz o impulso nervoso, é a célula chamada de **neurônio**.

Como qualquer outra célula, o neurônio tem um corpo (**soma, pericário**) com organelas celulares, mas com algumas características peculiares, como prolongamentos curtos a partir de corpo, que são os **dendritos** (que recebem informações de outros prolongamentos de outros neurônios), o **axônio** (que pode ser muito longo – maior do que um metro -, ou muito curto – muito menos do que um milímetro), e que em alguns locais do SN é revestido por uma lipoproteína chamada de **bainha mielina** (funciona exatamente como um encapamento de fio elétrico – tem a função de isolamento de carga). Entre cada uma das células (células de Schwann) que produzem a mielina existe um intervalo, chamado de **Nó de Ranvier**, e finalmente as **arborizações terminais ou telodendro**, que são os prolongamentos que chegam até outros neurônios para passar a informação para o neurônio seguinte.

## **SLIDE 14 – Figura ilustrativa de um neurônio**

Figura ilustrativa do corpo (soma, pericário) celular de um neurônio com as suas organelas regulares: retículo endoplasmático liso, rugoso, complexo de Golgi, núcleo, nucléolo, prolongamentos de seu corpo celular (os dendritos, projeções em azul), esse corpo celular recebe projeções de outros neurônios (botões terminais, projeções em amarelo/dourado), finalmente uma projeção que sai do soma e é a maior delas, o axônio, com várias camadas de mielina

## SLIDE 15

Mostra vários axônios revestidos por bainha de mielina (o mais a direita encontra-se na forma normal), e o núcleo da célula de Schwann em roxo acima da bainha de mielina, pode-se notar também o Nó de Ranvier, que é o intervalo entre uma e outra célula de Schwann ao longo do axônio.

## **SLIDE 16 – Visualização de neurônios em lâminas histológicas**

Mostra três pericários de neurônios impregnados por nitrato de prata (em preto - um método clássico para visualização muito detalhada de neurônios), esse é o chamado Método de Golgi. Visualiza-se principalmente os corpos celulares e os seus prolongamentos menores a partir do pericário, os dendritos. Os axônios são mais difíceis de serem identificados através desse método.

## **SLIDE 17 – Visualização de neurônios em lâminas histológicas**

Nesse slide vê-se todos os componentes de um neurônio (Método de Golgi):

1. Perikaryon = corpo celular
2. Primary dendrites = dendritos primários
3. Axon hillock = estreitamento inicial na saída do axônio do corpo celular
4. Axon = axônio (prolongamento mais longo a partir do corpo celular do neurônio)
5. Spiny dendrites = espículas dendríticas (pequenas projeções a partir das paredes dos dendritos)

**SLIDE 18 – Desenho esquemático de um botão terminal fazendo “sinapse” com um outro neurônio**

Percebe-se nesse slide um botão terminal chegando a um corpo celular de um outro neurônio e fazendo um contato sináptico. Vê-se claramente dentro dele em amarelo os neurotúbulos, várias vesículas (em marrom) que estão mais aglomeradas na parede pré-sináptica e que contém os neurotransmissores e neuromoduladores, e também várias mitocôndrias (em azul), uma vez que esse processo de liberação dos neurotransmissores/neuromoduladores é ativo, e, portanto, dependente de energia.

## SLIDE 19 –

Modos de contato sináptico (como um neurônio transmite a informação para outro). Existe uma sinapse, ou seja, um espaço muito pequeno, da ordem de nanômetros (décima milésima parte do milímetro); uma célula não tem contato físico com outra célula, mas sim um espaço que permite a liberação de substâncias neuroativas que liberadas por um neurônio (através do acoplamento de vesículas à parede pré-sináptica) e chegam ao neurônio seguinte e acoplam-se aos seus respectivos receptores pós-sinápticos, iniciando daí a transmissão do IN no neurônio seguinte. No desenho esquemático existe exemplos de tipos de sinapse: entre um axônio e uma espinha dendrítica, e entre um botão terminal de um axônio e um dendrito.

## SLIDE 20 – Visualização de uma sinapse em microscopia eletrônica de transmissão

Percebam que existe uma membrana (dupla e cinza bem escuros de forma retangular) ao redor de várias vesículas que contêm substâncias neuroativas, algumas dessas vesículas estão aderidas à membrana pré-sináptica, abrem-se no espaço sináptico, e liberam o seu conteúdo que chega à membrana seguinte, daí acoplam-se aos seus receptores e disparam o potencial pós-sináptico na célula seguinte. Notem uma mitocôndria (**seta vermelha apontando para ela**) no canto superior direito da microfotografia. Percebam também que existe um adensamento na membrana pré- e pós-sináptica, uma zona mais escura muito próxima às duas membranas, essa é uma típica sinapse assimétrica (excitatória), notem o maior adensamento de proteínas aderidas à membrana pós-sináptica (daí o nome de assimétrica). As sinapses simétricas são geralmente inibitórias. Reparem na barra de escala no valor de 100 nm (100 nanômetros =  $10^{-9}$  = 0,000000001).

**SLIDE 21 – Desenho esquemático da síntese, armazenamento e liberação de um exemplo de neurotransmissor (a serotonina)**

Reparem que nesse desenho a partir do aminoácido Triptofano ocorre a síntese da serotonina no citoplasma, que é armazenada em vesículas e estas transportadas através dos neurotúbulos até a zona terminal, as vesículas se aderem à membrana pré-sináptica e liberam a serotonina na sinapse, a seguir a serotonina acopla-se aos seus receptores pós-sinápticos, dando início ao potencial pós-sináptico na célula seguinte. Existem mais de 300 substâncias neuroativas (neurotransmissores e neuromoduladores)

**Exemplos de Neurotransmissores** (substâncias neuroativas responsáveis diretas pela transmissão do impulso nervoso de um neurônio para outro) =

Ácido gama-amino butírico (GABA)

Acetilcolina

Adrenalina

Noradrenalina

Serotonina

Óxido nítrico (na forma gasosa)

**Exemplos de Neuromoduladores** (geralmente neuropeptídeos/neuro-hormônios = peptídeos são pequenos pedaços de proteína); são substâncias neuroativas que agem no auxílio da excitação ou da inibição na liberação de neurotransmissores =

Neuropeptídeo Y

Substância P

Orexina

Endorfinas

Vasopressina

Ocitocina

## **SLIDE 22 – OUTROS TIPOS CELULARES DO SISTEMA NERVOSO**

**Astrócitos protoplasmáticos** = localizam-se na substância cinzenta, e tem como função a manutenção do ambiente iônico extracelular, secreção de fatores de crescimento, suporte estrutural e metabólico dos neurônios.

**Astrócitos fibrosos** = localizam-se na substância branca, e tem como função a manutenção do ambiente iônico extracelular, secreção de fatores de crescimento, suporte estrutural e metabólico dos neurônios.

**Microglia** = localizam-se na substância cinzenta e branca, proteção imunológica do sistema nervoso central, reparação cicatricial do SNC, fagocitose de restos teciduais após lesões do SNC.

**Oligodendrócito** = sintetizam a mielina no sistema nervoso central, enquanto as células de Schwann sintetizam a mielina no sistema nervoso periférico.

## **SLIDE 23 – GLIA - OUTROS TIPOS CELULARES DO SISTEMA NERVOSO**

Nesse desenho esquemático vê-se um astrócito (cinza) “abraçando” com os seus “pés vasculares” um capilar e ao mesmo tempo um neurônio (azul). Esses pés vasculares retiram nutrientes dos capilares e fornecem ao neurônio, assim como, retiram os catabólitos celulares e drenam para os capilares.

## **SLIDE 24 – BAINHA DE MILEINA E FUNÇÃO DOS AXÔNIOS**

Nesse slide temos a relação entre a espessura da bainha de mielina e a velocidade de condução do impulso em um determinado axônio. Quanto mais grossos os axônios, graças às suas bainhas de mielina, mais velozes eles conduzem o impulso nervoso. Dessa maneira, temos três principais grupos de axônios mielinizados, com um relação direta de suas responsabilidades funcionais em termos de condução de estímulos, os  $A\alpha$  (propriocepção de músculos esqueléticos),  $A\beta$  (mecanorreceptores da pele) e  $A\delta$  (dor e temperatura), respectivamente da maior para a menor velocidade de condução entre os mielinizados, e as fibras tipo C (não mielinizados, mas protegidos por uma capa de tecido conjuntivo, por isso eles são chamados de amielínicos), que conduzem também dor, temperatura e sensação de coceira.

## **SLIDE 25**

Microfotografia de microscopia eletrônica de transmissão de nervos (conjuntos de axônios, estruturas quase circulares – bainha de mielina -, com uma luz vazia). Esses axônios estão empacotados em conjuntos revestidos por tecido conjuntivo.

## SLIDE 26 – DISTRIBUIÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS BRANCA E CINZENTA NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

1. **Canto Superior Esquerdo** – distribuição da substância cinzenta no cerebelo é na camada superficial (córtex cerebelar – marrom claro na figura), que é o conjunto de corpos de neurônios; existe o centro medular branco do cerebelo (beije claro na figura), onde encontramos alguns agrupamentos de corpos de neurônios, que são os núcleos cerebelares, mergulhados na substância branca do cerebelo. A substância branca é o conjunto de axônios mielinizados, esses axônios saem ou entram do/no cerebelo e se destinam a algum outro centro do SN. Existem axônios na substância cinzenta, mas não são mielinizados, são muito curtos e esses especialmente não saem da substância cinzenta.
2. **Canto Superior Direito** – notem o córtex cerebral (camada superficial de substância cinzenta), e também a substância branca localizada profundamente. Segue o mesmo princípio de construção do cerebelo.
3. **Canto Inferior Esquerdo** – Tronco Cerebral – notem que nessa lâmina a substância branca e cinzenta estão invertidas, mas isso acontece pelo método de coloração, então a substância branca está escura e a substância cinzenta está clara (formando aglomerados de neurônios que são os núcleos do tronco cerebral). Mesmo princípio de construção das outras partes do SN.
4. **Canto Inferior Direito** – Medula Espinal – notem que nessa lâmina também o método de coloração inverte a cor natural da SB e da SC. A substância cinzenta forma um “H” mergulhado na substância branca (aparece como um azul mais escuro ao redor de todo o “H” cinzento), formado por milhares de axônios que sobem e descem pela medula espinal.

## SLIDE 27 – Esquema da Estrutura Básica do Sistema Nervoso

Nesse slide vemos como o sistema nervoso pode ser esquematicamente desenhado para dar uma ideia didática da estrutura básica e funcional do sistema nervoso central e periférico.

Devemos começar pelo **estímulo**, que já sabemos que é uma variação de energia qualquer que atinge uma estrutura chamada de **receptor**, esse transforma o estímulo em um outro tipo de variação de energia que é o impulso nervoso, que entra para o SN por uma **via aferente** (entrada sensitiva), que nada mais é do que um axônio, cujo corpo celular está localizado em algum lugar do sistema nervoso, esse axônio entra no sistema nervoso central e faz sinapse com outro neurônio. O neurônio que recebe a informação de entrada é um **neurônio de associação**, e esse por sua vez elabora uma resposta que sai do SNC pela **via eferente** (motora). Esse **neurônio eferente** pode receber também uma comunicação direta do **neurônio aferente** (o que é chamado de arco-reflexo). As estruturas que recebem essa **eferência** são chamadas de **efetores**, que são somente quatro: **músculo liso, músculo estriado esquelético, músculo cardíaco e glândulas**. Somente essas estruturas podem mostrar a resposta a ser dada tanto para o meio externo quanto para o meio interno.

As vezes a partir de um estímulo não precisamos necessariamente de uma resposta, mas precisamos armazenar (**memória**) essa informação, e quando ela é necessária em uma outra ocasião a comparamos (**associação**), e então aprendemos. Esses dois eventos a princípio nos dão a capacidade de criar o nosso “EU” (**SELF**).

## SLIDE 28 – TIPOS DE EFETORES

**A** – Desenho Esquemático da Junção Neuromuscular – contato entre uma fibra nervosa (vários axônios) com uma fibra muscular – nesse caso esse tipo de contato não é chamado de sinapse. Uma fibra nervosa inervando uma fibra muscular chama-se de “unidade motora”

**B** – Corte histológico de músculo com fibras nervosas – notem que várias fibras nervosas (em preto) chegam a várias fibras musculares (em vinho). As junções neuromusculares estão em preto.

**C** – Músculo Liso de Artéria (TM – túnica média; TI – Túnica íntima)

**D** – Músculo Estriado Cardíaco

**E** – Músculo Estriado Esquelético

**F** – Desenho esquemático da inervação da glândula suprarrenal

## **SLIDE 29 – DIVISÕES EMBRIOLÓGICAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

O Sistema Nervoso Central deriva do folheto embrionário chamado **ectoderma** que forma o tubo neural, dele dilatam-se três vesículas primárias na extremidade cranial do embrião/feto chamadas de Prosencéfalo, Mesencéfalo e Rombencéfalo. A partir dessas três vesículas aparecem 5 vesículas chamadas de secundárias: Telencéfalo, Diencefalo, Mesencéfalo (que não se dividiu a partir da vesícula primária), Metencéfalo e Mielencéfalo. A extremidade caudal do tubo neural se desenvolve em medula espinal. Da vesícula telencefálica derivam os hemisférios cerebrais e mais os núcleos da base; da vesícula diencefálica derivam o tálamo, hipotálamo, epitálamo e o subtálamo, mais uma parte do globo ocular; mesencéfalo continua a ser mesencéfalo; do Metencéfalo derivam a ponte e o cerebelo, e do mielencéfalo deriva o bulbo.

### SLIDE 30 – DIVISÃO ANATÔMICA DO SISTEMA NERVOSO

Percebam que o sistema nervoso está dividido em duas partes principais: o **sistema nervoso central e o periférico**, ou seja, o **SNC** está todo alojado dentro de um estojo ósseo que é o crânio (contém o encéfalo) e a coluna vertebral (contém a medula espinal), e o **SNP**, que compreende todos os nervos do nosso corpo (os nervos cranianos e os espinais), e mais os gânglios nervosos que contem corpos de neurônios que estão fora do SNC.

## SLIDE 31 – DIVISÃO FUNCIONAL DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso pode ser dividido funcionalmente em somático e autônomo (vegetativo ou neurovegetativo). O **SN Somático** cuida de nossa vida de relação com o meio externo (falar, andar, ouvir, ver, etc.), enquanto o nosso **SN Autônomo** cuida dos eventos para controlar a homeostase (equilíbrio) do meio interno, aqueles eventos que visam nos manter vivos (controle da pressão arterial, controle da frequência cardíaca, controle da secreção hormonal, etc.).

## **SLIDE 32 – DEFINIÇÃO DE SISTEMA NERVOSO E DE SUAS FUNÇÕES**

O SN é o conjunto de receptores, vias aferentes, de associação e de vias eferentes, que visam manter a homeostase (equilíbrio) tanto da nossa relação com o meio externo quanto com o nosso meio interno. Além disso, através dos estímulos e das respostas, podemos armazená-los (memória) e aprender, conseqüentemente ajudando a criar o nosso “EU” (SELF).