



NEUROCIÊNCIAS

APLICADAS À APRENDIZAGEM

Estratégias para um desenvolvimento
acadêmico saudável

Ana Julia Ribeiro
Fernando Eduardo Padovan Neto
Orgs.

NEUROCIÊNCIAS

APLICADAS À APRENDIZAGEM

Estratégias para um desenvolvimento
acadêmico saudável

Organizadores

Ana Julia Ribeiro  

Fernando Eduardo Padovan Neto  

Autores

Aline da Silva  

Ana Julia de Oliveira Cerveira  

Ana Julia Ribeiro  

Fernando Eduardo Padovan Neto  

Isabella Wada e Pucci  

João Roberto Lopes de Azevedo  

Raquel Messi Falcoski  

Vitor Rabelo de Sá  



Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo
2025



Universidade de São Paulo

Reitor: Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior
Vice-Reitora: Prof. Dr.^a Maria Arminda do Nascimento Arruda

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP)

Diretora: Prof. Dr.^a Christie Ramos Andrade Leite-Panissi
Vice-Diretor: Prof. Dr. Paulo Olivi

Departamento de Psicologia

Chefe: Prof. Dr.^a Sonia Regina Pasian
Vice-chefe: Prof. Dr.^a Eucia Beatriz Lopes Petean

Programa de Pós-graduação em Psicobiologia

Coordenadora: Prof. Dr.^a Andréia Schmidt
Vice-coordenadora: Prof. Dr.^a Patrícia Ferreira Monticelli

Organização e revisão técnica

Ana Julia Ribeiro
Fernando Eduardo Padovan Neto

Ilustração

Ana Julia Ribeiro
Aline da Silva

Agências financiadoras

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)
(2023/09339-2)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
(146008/2023-5)

Ficha Catalográfica elaborada pela Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Central do Campus USP de Ribeirão Preto

Neurociências aplicadas à aprendizagem: estratégias para um
desenvolvimento acadêmico saudável / organizadores, Ana Julia Ribeiro e
Fernando Eduardo Padovan Neto; autores, Ana Julia Ribeiro... [et. al.] –
Ribeirão Preto: FFCLRP/USP, 2025.

114 p. – il. color.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-88082-19-5

DOI: 10.11606/9786588082195

1. Neurociências. 2. Aprendizagem. 3. Ensino Superior.

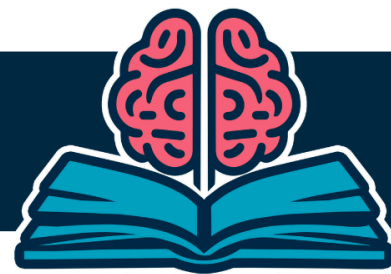
I. Ribeiro, Ana Julia. II. Padovan Neto, Fernando Eduardo. III. Título.

CDU 612.8

Elaborada por Paula de Oliveira Almeida Moraes - CRB-8/3800



Agradecimentos



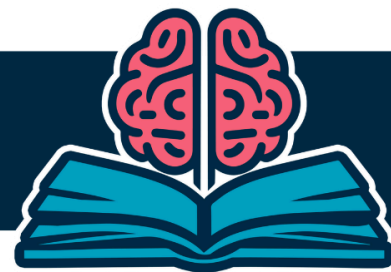
Agradecemos a todos que possibilitaram a realização desta obra. Inicialmente, expressamos nossa gratidão aos integrantes do Laboratório de Neuropsicofarmacologia das Doenças Neurodegenerativas (LNDN) e participantes do curso de extensão **Neurociências no Ensino Superior (NES)**, cuja colaboração foi essencial para o desenvolvimento das pesquisas que fundamentam este livro. Agradecemos também aos colaboradores na escrita dos capítulos — Aline da Silva, Ana Julia de Oliveira Cerveira, Isabella Wada Pucci, João Roberto Lopes de Azevedo, Raquel Messi Falcoski e Vitor Rabelo de Sá — pelo empenho e conhecimento que enriqueceram significativamente o conteúdo da obra.

Nosso reconhecimento se estende aos monitores, Rafael Lima Dalle Mulle e Mariana Cirelli de Almeida, que desempenharam um papel fundamental na implementação do curso de extensão que inspirou diretamente este trabalho. Agradecemos, ainda, à Comissão de Cultura e Extensão (CCEX) e ao Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP), pelo apoio institucional concedido ao longo de todo o processo, especialmente ao Rene Abrão Achcar.

Por fim, registramos nossa gratidão às instituições de fomento — a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) —, cujo financiamento das bolsas de mestrado possibilitou a concretização deste projeto.

Ana Julia Ribeiro
Fernando Eduardo Padovan Neto

Prefácio



A relação entre neurociência e educação tem despertado crescente interesse entre pesquisadores e profissionais da área, levando a um avanço significativo na compreensão dos processos que regem a aprendizagem. O conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso e sua influência no desempenho acadêmico tem permitido o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficazes e embasadas cientificamente. É nesse contexto que esta obra, **Neurociência aplicada à aprendizagem: estratégias para um desenvolvimento acadêmico saudável**, se insere, oferecendo uma abordagem que alia fundamentos teóricos sólidos a aplicações práticas voltadas para o ensino e a aprendizagem.

A motivação para a escrita desta obra surgiu a partir da produção de material para um curso de extensão, voltado para alunos da graduação, vinculado à Universidade de São Paulo e do projeto de mestrado de Ana Julia Ribeiro, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Eduardo Padovan Neto. O curso **Neurociência no Ensino Superior (NES)** foi desenvolvido visando aplicar um programa on-line assíncrono de caráter neuroeducacional, introduzindo os estudantes de graduação aos conceitos fundamentais das neurociências aplicadas à aprendizagem. Nesse sentido, os capítulos são estruturados de forma a guiar o leitor desde conceitos fundamentais das neurociências até implicações práticas para o ensino e a aprendizagem. O livro é composto por sete capítulos, cobrindo temas como (1) sistema nervoso e aprendizagem, (2) memória, (3) sono e saúde mental, (4) emoções, estresse e ansiedade, (5) uso e abuso de substâncias, (6) comportamento alimentar e (7) atividade física. Cada capítulo segue uma estrutura didática definida, incluindo introdução, objetivos de aprendizagem, fundamentos neurobiológicos, discussão de artigos científicos e estratégias práticas. Adicionalmente, foram incluídos resumos, exercícios de fixação, videoaulas e materiais complementares para cada capítulo, visando facilitar tanto a assimilação teórica quanto a aplicação dos conceitos.

O público-alvo deste livro inclui educadores, estudantes de graduação e pós-graduação, psicólogos, pedagogos e demais profissionais interessados na interseção entre neurociência e educação. Além disso, orientadores educacionais e gestores escolares poderão encontrar aqui informações relevantes para a implementação de práticas científicas que favoreçam o desenvolvimento acadêmico e o bem-estar dos alunos. A linguagem acessível e a estrutura didática tornam o conteúdo igualmente atrativo para leitores leigos que desejam compreender como o conhecimento neurocientífico pode ser aplicado no cotidiano.

Ao oferecer uma ponte entre os avanços científicos das neurociências e sua aplicação no contexto educacional, esta obra busca contribuir para um ensino mais eficaz, baseado no entendimento dos mecanismos encefálicos que sustentam a aprendizagem. Esperamos que esta obra seja um recurso valioso para todos aqueles que desejam aprimorar suas práticas pedagógicas e compreender como fatores neurobiológicos, emocionais e comportamentais influenciam o desempenho acadêmico.

Sumário



Capítulo 1: O Sistema Nervoso e a Aprendizagem

INTRODUÇÃO	7
1 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO BÁSICO DO SISTEMA NERVOSO	8
2 O SISTEMA NERVOSO E SUA RELAÇÃO COM O COMPORTAMENTO E A APRENDIZAGEM	10
3 ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A APRENDIZAGEM	15
RESUMO	17
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	18
VIDEOAULAS	19
MATERIAL COMPLEMENTAR	19
REFERÊNCIAS	19

Capítulo 2: Memória

INTRODUÇÃO	20
1 NEUROBIOLOGIA DA MEMÓRIA E SEU PROCESSAMENTO	21
2 MEMÓRIA E SUAS VARIAÇÕES	23
3 ESTRATÉGIAS PARA APRIMORAR A MEMÓRIA	31
RESUMO	34
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	35
VIDEOAULAS	36
MATERIAL COMPLEMENTAR	36
REFERÊNCIAS	36

Capítulo 3: Sono

INTRODUÇÃO	39
1 NEUROBIOLOGIA DO SONO	40
2 COMO O SONO ESTÁ RELACIONADO COM A APRENDIZAGEM E A SAÚDE MENTAL?	46
3 ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR A QUALIDADE DO SONO	48
RESUMO	50
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	50
VIDEOAULAS	51
MATERIAL COMPLEMENTAR	51
REFERÊNCIAS	52

Capítulo 4: Emoções, Estresse e Ansiedade

INTRODUÇÃO	54
1 NEUROBIOLOGIA DAS EMOÇÕES, ESTRESSE E ANSIEDADE	55
2 IMPACTO DAS EMOÇÕES POSITIVAS E NEGATIVAS NA APRENDIZAGEM	62
3 PRÁTICAS PARA PROMOVER A AUTORREGULAÇÃO EMOCIONAL E ESTRATÉGIAS DE	

GERENCIAMENTO DE ESTRESSE	63
RESUMO	66
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	67
VIDEOAULAS	68
MATERIAL COMPLEMENTAR	68
REFERÊNCIAS	68

Capítulo 5: Uso e Abuso de Substâncias

INTRODUÇÃO	71
1 NEUROBIOLOGIA DO PRAZER E O USO DE SUBSTÂNCIAS	72
2 TIPOS DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS E SEU IMPACTO NO COMPORTAMENTO E NA APRENDIZAGEM	75
3 PREVENÇÃO, REDUÇÃO DE DANOS E TRATAMENTO PARA O USO ABUSIVO DE SUBSTÂNCIAS	78
RESUMO	82
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	82
VIDEOAULAS	83
MATERIAL COMPLEMENTAR	83
REFERÊNCIAS	83

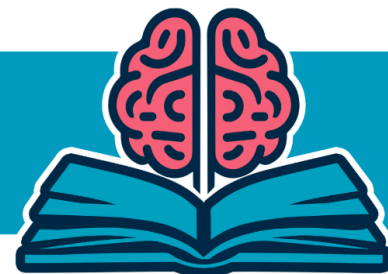
Capítulo 6: Comportamento Alimentar

INTRODUÇÃO	86
1 NEUROBIOLOGIA DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR	87
2 ALIMENTAÇÃO E SEU IMPACTO NA COGNIÇÃO E NA SAÚDE MENTAL	92
3 ESTRATÉGIAS PRÁTICAS PARA UMA ALIMENTAÇÃO ADEQUADA	94
RESUMO	95
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	96
VIDEOAULAS	96
MATERIAL COMPLEMENTAR	97
REFERÊNCIAS	97

Capítulo 7: Atividade Física

INTRODUÇÃO	99
1 ATIVIDADE FÍSICA E SEUS MECANISMOS NEUROBIOLÓGICOS	100
2 BENEFÍCIOS DA PRÁTICA REGULAR DE ATIVIDADE FÍSICA	108
3 RECOMENDAÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA	109
RESUMO	111
EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO	111
VIDEOAULAS	112
MATERIAL COMPLEMENTAR	112
REFERÊNCIAS	112

Considerações Finais	114
----------------------	-----



0 Sistema Nervoso e a Aprendizagem

Ana Júlia de Oliveira Cerveira
Ana Julia Ribeiro
Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

As neurociências comportamentais têm avançado de forma robusta na compreensão dos mecanismos cerebrais que sustentam funções comportamentais essenciais para a vida humana: como a atenção, memória e tomada de decisão, além de descrever como o ambiente molda padrões de comportamento e aprendizagem. No entanto, tem-se encontrado desafios em transformar esse conhecimento sobre processos básicos em um conhecimento aplicado, com grande potencial para fundamentar as práticas do campo educacional. O estudo dos processos de aprendizagem humano, enquanto processo mediado pelo funcionamento do sistema nervoso, é essencial para desenvolver práticas que visem a facilitação do processo de aprendizado. Em especial, entender como aprendemos e relacionamos conteúdos aprendidos pode oferecer subsídios importantes para que estudantes otimizem suas práticas de estudo, melhorem o desempenho e engajamento acadêmico, e desenvolvam habilidades que serão úteis ao longo de suas carreiras (Aronson et al., 2022; Ribeiro et al., 2025a; Ribeiro et al., 2025b; Yeager et al., 2019).

Em 2023, 21,6% da população brasileira entre 18 e 24 anos estava matriculada no ensino superior. Quanto à trajetória acadêmica, desde 2014 houve uma taxa de desistência acumulada de 40% ao longo de dez anos de acompanhamento, enquanto a taxa de conclusão foi de 59% e a de permanência, de somente 1% (Inep, 2024). Este capítulo propõe uma visão integrada entre o funcionamento do sistema nervoso, o comportamento humano, e descobertas das neurociências relacionadas aos processos de aprendizagem. Inicialmente, exploraremos a estrutura básica do sistema nervoso, incluindo o papel dos neurônios e das sinapses na comunicação neural. Em seguida, abordaremos o conceito de neuroplasticidade, que explica como o cérebro forma novas conexões sinápticas e se adapta quando estamos aprendendo. Também discutiremos as descobertas sobre como os neurônios se modificam para permitir a abstração de conceitos e a aprendizagem de associações entre conceitos diferentes. Por fim, apresentaremos estratégias práticas para auxiliar os estudantes a otimizar seus estudos e melhorar o desempenho acadêmico.

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer a estrutura e o funcionamento do sistema nervoso;
- Compreender o impacto da neuroplasticidade na formação e consolidação de memórias;
- Explorar como conceitos são codificados e armazenados por redes neurais;
- Aplicar estratégias práticas e baseadas em neurociência para potencializar o aprendizado no ensino superior.

1 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO BÁSICO DO SISTEMA NERVOSO

As neurociências compreendem que, o que possibilita com que os organismos vivos percebam e respondam aos estímulos do mundo é o seu aparato biológico. A partir disso, neste tópico abordaremos a estrutura básica do sistema nervoso, o que são os neurônios e como estes se comunicam.

1.1 Estrutura do Sistema Nervoso

Nos mamíferos, este aparato biológico é extremamente sofisticado, e possui um **sistema nervoso** complexo, formado por uma parte **central** (encéfalo e medula espinhal) e uma parte **periférica** (nervos cranianos e nervos espinhais) (Figura 1). O sistema nervoso periférico **capta** os estímulos ambientais por meio de seus **receptores**, e transmite **sinais** até o sistema nervoso central, onde esses sinais são **percebidos** e modificados de diversas formas. O sistema nervoso central, então, envia novos sinais para o sistema nervoso periférico, desencadeando **respostas comportamentais abertas**, como movimentos motores (por exemplo, estender a mão para pegar um objeto ou falar), ou modula estes sinais no sistema nervoso central, produzindo respostas **encobertas**, como pensar ou imaginar (Purves et al., 2018).

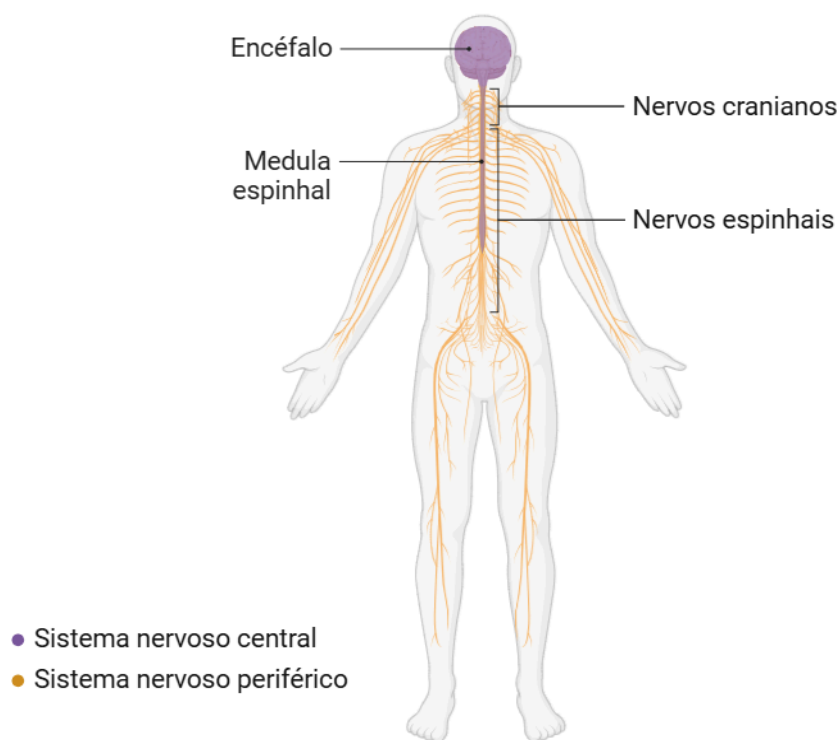


Figura 1. A imagem ilustra o corpo humano, enfatizando os componentes do sistema nervoso central (encéfalo e medula espinhal) e do sistema nervoso periférico (nervos cranianos e nervos espinhais) (Fonte: adaptado de Purves et al., 2018).

1.2 Neurônios: unidade básica do Sistema Nervoso

O sistema nervoso é composto por órgãos, e como todo órgão, é formado por **células** que se “comunicam” por interações químicas ou elétricas. Assim, para compreender o funcionamento do sistema nervoso, precisamos entender primeiramente a estrutura de suas células para posteriormente compreender como elas trabalham em conjunto.

O sistema nervoso é composto por dois tipos principais de células com formas e funções distintas: as células gliais e os neurônios. Para contar precisamente o número total dessas células no cérebro humano, a equipe da pesquisadora brasileira Suzana Herculano-Houzel desenvolveu um método inovador para a contagem de células, que estimou que o cérebro humano possui, em média, 86 bilhões de neurônios e 84 bilhões de células gliais (Azevedo et al., 2009).

Dentre essas células numerosas, este tópico dará maior foco aos **neurônios**, os quais são células que respondem às mudanças do ambiente, gerando sensações, e que organizam respostas comportamentais dos indivíduos no mundo. A estrutura básica de um neurônio é formada por um **corpo celular** (também chamado de **soma**) e dois tipos de estrutura chamada de neuritos: os **dendritos** e o **axônio** (Figura 3). O corpo celular é como o centro de controle do neurônio, onde fica o núcleo, que guarda o DNA, a “receita” genética que comanda a produção de proteínas e neurotransmissores essenciais para o funcionamento neuronal. Os **axônios** são os filamentos capazes de conduzir os sinais elétricos (conhecidos como **impulsos nervosos**) partindo do corpo celular, e se comunicam por meio de sua **terminação axonal** com outros neurônios ou nervos periféricos. Já os **dendritos** são pequenos filamentos que irradiam do corpo celular em uma distribuição similar às raízes de uma árvore. Eles funcionam como se fossem “antenas”, recebendo comunicações das terminações axonais de neurônios próximos por meio de **sinapses**, processo que será descrito no próximo tópico (Bear et al., 2017; Kandel et al., 2014).

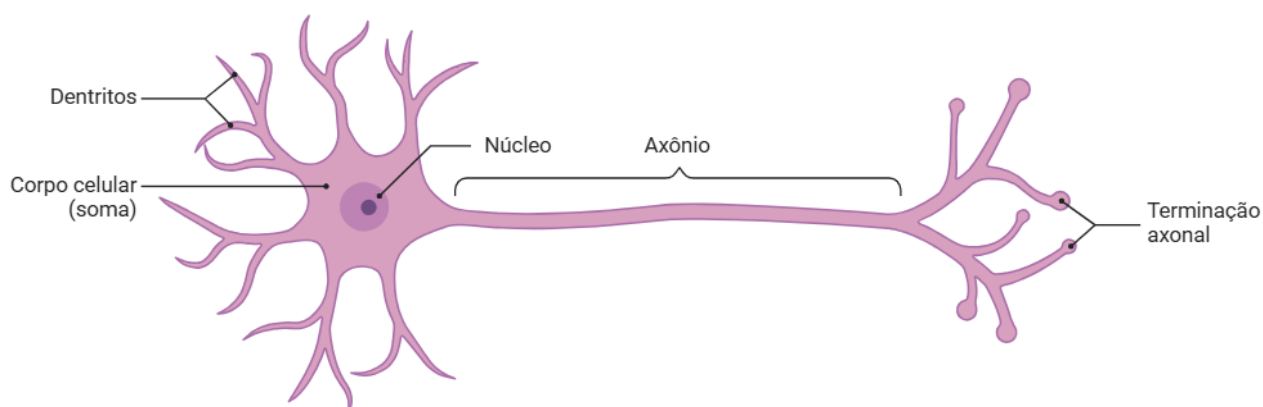


Figura 3. A imagem ilustra a estrutura de um neurônio típico, destacando o corpo celular, que atua como o centro de controle da célula e de onde se ramificam os dendritos, responsáveis por receber sinais de outros neurônios. O axônio, uma extensão mais longa, conduz os impulsos elétricos para outros neurônios ou células-alvo, culminando nas terminações axonais, onde ocorre a transmissão sináptica (Fonte: adaptado de Kandel et al., 2014).

1.3 Sinapse: a comunicação entre neurônios

A **terminação axonal** de um neurônio pode se comunicar com as estruturas de outro neurônio de duas formas: (1) por meio de junções comunicantes que permitem a passagem de íons diretamente de um neurônio para outro (**sinapse elétrica**) ou (2) por meio da liberação de substâncias químicas chamadas **neurotransmissores** (**sinapse química**). A maior parte da transmissão sináptica no sistema nervoso humano maduro é química, e, portanto, aprofundaremos neste tipo de transmissão. Nas **sinapses químicas**, estruturas presentes na terminação axonal chamadas de **vesículas sinápticas** liberam os **neurotransmissores** em um pequeno espaço chamado **fenda sináptica**. Na fenda sináptica, os neurotransmissores ligam-se, então, a estruturas presentes no neurônio pós-sináptico chamadas de **receptores** (Figura 4).

De modo geral, as sinapses permitem a “comunicação” entre neurônios, e os impulsos nervosos são os sinais, os quais são modulados e “transmitidos” adiante. Quando neurotransmissores se ligam aos receptores do neurônio pós-sináptico, isso provoca alterações no potencial elétrico da sua membrana. Essas alterações podem resultar em potenciais pós-sinápticos **excitatórios**, que aumentam o potencial elétrico, ou **inibitórios**, que reduzem o potencial elétrico. Esses potenciais pós-sinápticos são somados no corpo celular do neurônio pós-sináptico. Se a soma desses potenciais superar o **limiar** elétrico do neurônio, a sua membrana será despolarizada, gerando um **potencial de ação**. Isso resulta na geração de um novo impulso

elétrico no cone de implantação do neurônio, o que, em outras palavras, significa dizer que o neurônio pós-sináptico foi **disparado** (para uma explicação visual, veja o vídeo “Sistema nervoso: potencial de ação” na seção de materiais complementares).

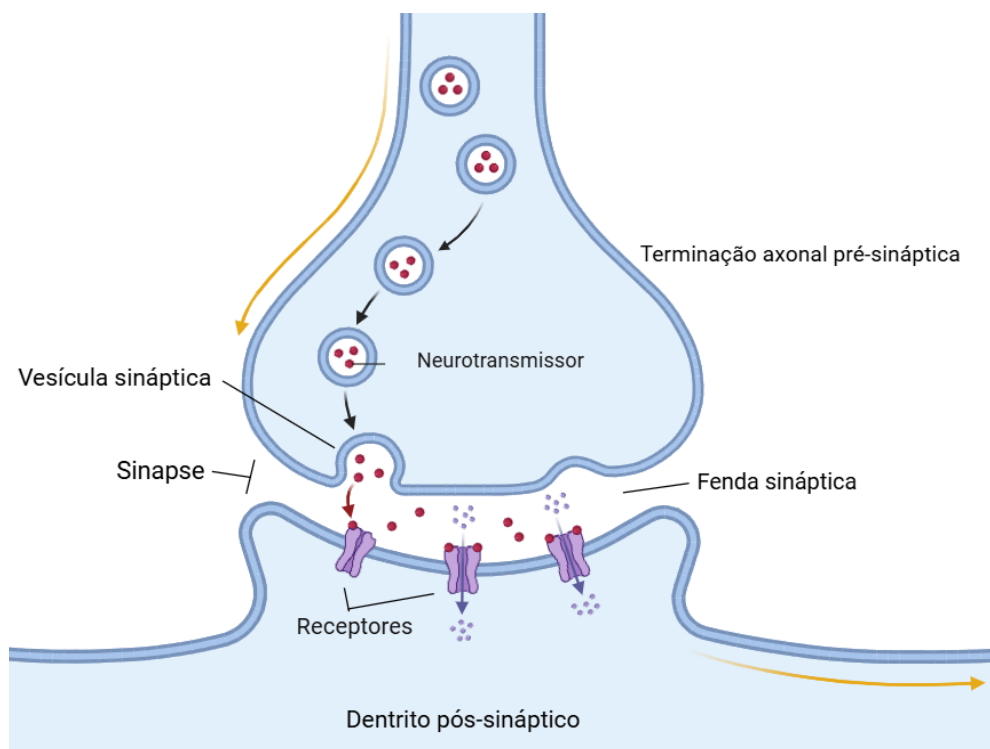


Figura 4. A ilustração exemplifica uma sinapse química. A sinapse ocorre na fenda sináptica, onde os neurotransmissores são liberados pelas vesículas do neurônio pré-sináptico e se ligam aos receptores localizados no dendrito pós-sináptico (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

2 O SISTEMA NERVOSO E SUA RELAÇÃO COM O COMPORTAMENTO E A APRENDIZAGEM

Para compreender o funcionamento do sistema nervoso e sua relação com a aprendizagem, devemos começar por esclarecer a relação entre o comportamento humano e as estruturas do sistema nervoso. O comportamento humano é um processo complexo, formado por **interações entre o indivíduo e o ambiente**. A todo momento, **estímulos** (como objetos, pessoas, sons e palavras) desencadeiam reações fisiológicas no **organismo biológico**, permitindo que o ambiente ao redor do indivíduo seja **percebido**.

Ao entrar em contato com estímulos, o indivíduo **responde** de forma involuntária via reflexos ou voluntária por meio de comportamentos complexos aprendidos na história do indivíduo. Imagine que você está caminhando em um dia ensolarado e, de repente, entra em um túnel escuro. Seus olhos reagem instantaneamente, e suas pupilas se dilatam automaticamente para permitir a entrada de mais luz. Esse é um exemplo de um **reflexo involuntário**. Seu corpo, sem qualquer esforço consciente, adapta-se ao ambiente para melhorar sua visão. Esse processo é quase instantâneo e é um exemplo claro de como o ambiente pode desencadear uma resposta fisiológica. Agora, pense em uma situação onde você está em casa e percebe que a sala está muito escura. Você se levanta e vai até o interruptor de luz. Ao pressioná-lo, a sala se ilumina. Este ato de pressionar o interruptor é um **comportamento voluntário aprendido** ao longo da sua vida. Você aprendeu que, ao realizar essa ação, pode controlar a iluminação do ambiente, um comportamento que envolve uma cadeia de estímulos e respostas complexas, aprendidas e refinadas ao longo do tempo. Esses exemplos ilustram como o comportamento humano é um fluxo contínuo de respostas relacionadas a estímulos específicos que variam conforme o contexto. Seja estudando para uma prova, dirigindo em uma estrada movimentada, prestando

atenção em uma aula ou conversando com amigos, as pessoas estão sempre respondendo a estímulos do ambiente, mesmo que não estejam conscientes disso o tempo todo (Purves et al., 2018).

Neste tópico, serão exploradas as estruturas e mecanismos neurofisiológicos envolvidos no processo de aprendizagem, com ênfase em como a formação e o fortalecimento de conexões entre neurônios está relacionado à aprendizagem.

2.1 Estruturas do sistema nervoso central relacionadas à aprendizagem

De modo simplificado, sabe-se que a memorização de informações depende principalmente de duas estruturas encefálicas: o **hipocampo** e o **neocórtex** (McClelland et al., 1995). O **hipocampo** é uma estrutura localizada no lobo temporal, composta por neurônios que são especialmente ativados quando entramos em contato com novos estímulos (experiências, informações), enquanto o **neocórtex** envolve toda a camada mais externa do encéfalo, composto por áreas nas quais os neurônios reagem a tipos diferentes de estímulos (Figura 5).

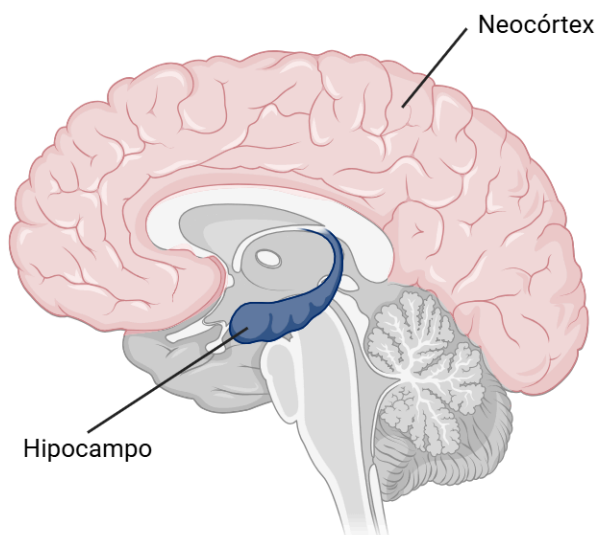


Figura 5. A visão medial do encéfalo mostra a localização do neocórtex e do hipocampo no lobo temporal (Fonte: adaptada de Bear, 2017)

Uma das primeiras evidências do papel do **hipocampo** na formação de memórias duradouras surgiu a partir de um caso neurológico clássico, conhecido como o caso do paciente H.M. (que será discutido em mais detalhes no capítulo 2). H.M. passou por uma cirurgia que removeu bilateralmente o seu lobo temporal medial (incluindo o hipocampo) como tratamento para sua grave epilepsia. Embora a cirurgia tenha reduzido significativamente suas convulsões, ela também resultou em um efeito colateral marcante: H.M. desenvolveu **amnésia anterógrada**, perdendo a capacidade de formar novas memórias conceituais e de estabelecer relações entre novos eventos. Ou seja, ele não conseguia se lembrar do que havia feito ao longo do dia nem aprender novas informações sobre o mundo. No entanto, o paciente ainda podia se lembrar de informações aprendidas de maneira duradoura antes de sua remoção cirúrgica, conseguindo reconhecer objetos que fizeram parte de sua rotina, e lembrar-se de marcos de sua vida pessoal.

Já o neocórtex, pode ser dividido em diferentes áreas, por convenção, denominadas lobos cerebrais, que recebem seus nomes com base nos ossos do crânio localizados logo acima deles (Figura 6). Cada lobo cerebral desempenha funções específicas: o **lobo frontal** está relacionado ao planejamento, controle motor, linguagem e tomada de decisões; o **lobo parietal** é responsável por integrar informações sensoriais e processar a percepção espacial; o **lobo temporal** está associado ao processamento auditivo, memória e compreensão da linguagem; o **lobo occipital** é especializado no processamento visual; e a **ínsula** contribui para a percepção visceral, regulação

emocional e algumas funções autonômicas (Bear et al., 2017). Essa organização funcional permite uma comunicação complexa e integrada, essencial para as atividades cognitivas e comportamentais humanas.

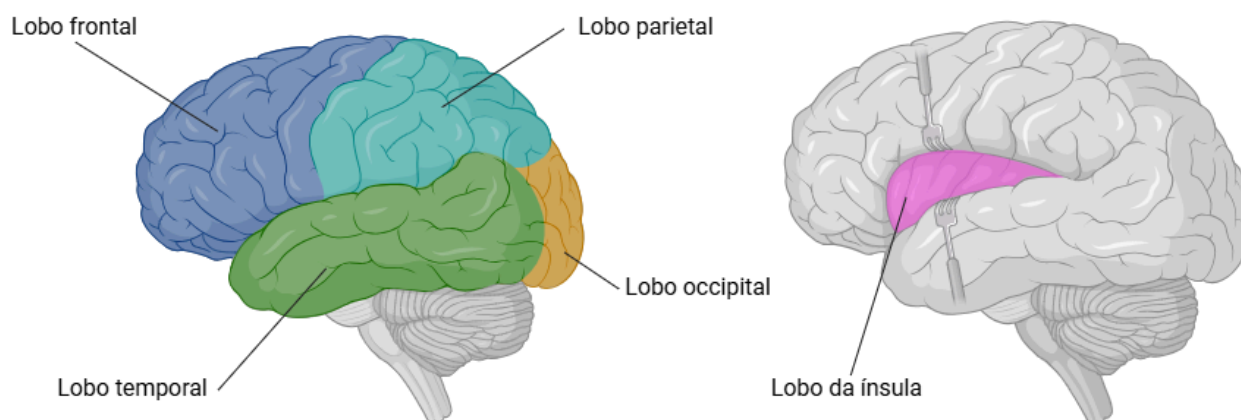


Figura 6. Divisão do neocórtex em lobos cerebrais. O sulco central separa o lobo frontal do lobo parietal, enquanto o lobo temporal encontra-se abaixo da fissura lateral profunda (fissura de Sylvius). Já o lobo occipital está localizado na porção mais posterior do cérebro. Também pode-se observar a ínsula (ou Lobo da ínsula), uma área cortical oculta que pode ser visualizada ao afastar cuidadosamente as margens da fissura lateral (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

No capítulo 2 (Memória), será discutido como as neurociências identificaram a participação de diversas estruturas encefálicas no aprendizado de diferentes tipos de comportamento. Por exemplo, sabe-se que a atividade do hipocampo é crucial para o aprendizado de conceitos que podem ser lembrados e expressos verbalmente, enquanto comportamentos mais procedurais, como aprender a desenhar, dependem predominantemente do funcionamento dos núcleos da base (Bear et al., 2017). A seguir explanaremos sobre outro mecanismo neurobiológico essencial para a aprendizagem.

2.2 Neuroplasticidade: a consolidação da aprendizagem

A capacidade de lembrar conceitos e eventos ao longo do tempo é sustentada pela neuroplasticidade (ou plasticidade sináptica), processo no qual as sinapses — conexões entre neurônios — se fortalecem ou enfraquecem conforme a atividade neural. Durante o aprendizado de novos conceitos, neurônios do hipocampo e do neocórtex são ativados. Por exemplo, se uma pessoa não conhece a atriz Jennifer Aniston e é exposta a imagens e informações sobre ela, neurônios dessas regiões começam a responder de forma inicial e fraca. O hipocampo age como um “registrador temporário”, criando índices que indicam quais neurônios no neocórtex devem ser ativados para formar essa memória (Oakley et al., 2021).

A consolidação dessa memória depende da repetição. Se a pessoa é exposta repetidamente a estímulos relacionados à atriz, ocorre o fortalecimento das conexões sinápticas destes neurônios, processo mediado pela plasticidade sináptica. Após a consolidação, a ativação dos neurônios no neocórtex se torna independente do hipocampo, permitindo que o conceito aprendido seja lembrado mesmo após anos sem exposição ao estímulo (Runyan et al., 2019; Oakley et al., 2021). A Figura 7 ilustra esse processo.

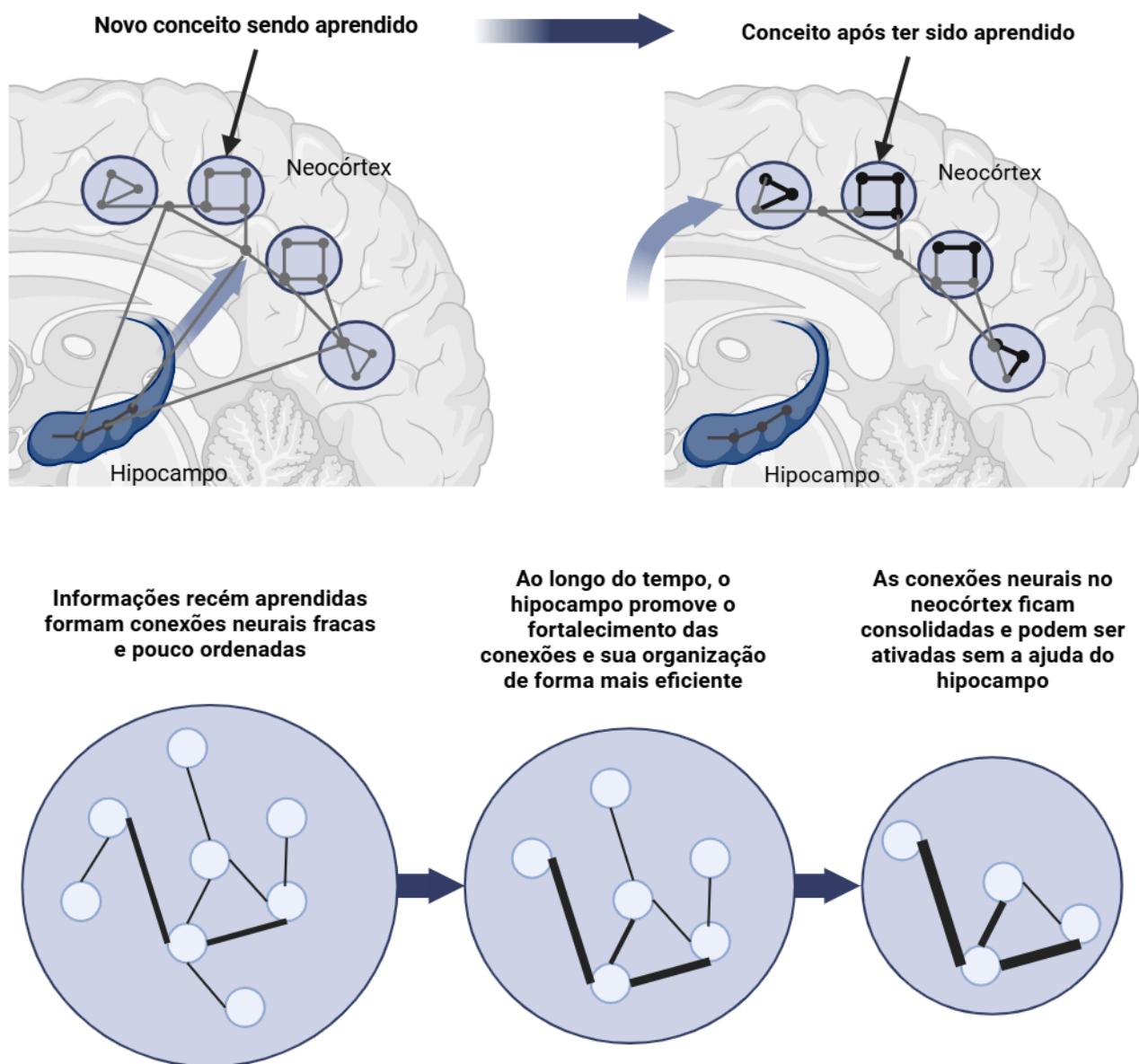


Figura 7. A imagem acima ilustra de maneira didática o processo de consolidação de conexões neurais de informações recém-aprendidas, e enfatiza o papel do hipocampo e do neocórtex neste processo (Fonte: adaptada de Oakley et al., 2021).

2.3 Neurônios respondem a conceitos

Estudos em neurociência têm revelado como o sistema nervoso permite a realização de tarefas como movimentar-se, reconhecer pessoas, lembrar eventos passados e atribuir significado a estímulos. Descobertas recentes mostram que neurônios podem responder seletivamente a conceitos específicos, indo além da simples percepção sensorial.

Um experimento pioneiro de Rodrigo Quian Quiroga e seus colegas (2005) demonstrou que neurônios isolados no cérebro humano podem codificar conceitos abstratos. Em pacientes com epilepsia submetidos a monitoramento cerebral, os pesquisadores identificaram um neurônio que respondia especificamente a imagens da atriz Jennifer Aniston, independentemente do fundo ou do ângulo da foto. Essa resposta seletiva, conhecida como “neurônio Jennifer Aniston”, não era desencadeada por imagens de outras mulheres com características semelhantes, mas apenas pela identidade da atriz.

Estudos subsequentes ampliaram essa investigação, utilizando estímulos auditivos e palavras escritas. Um neurônio, por exemplo, respondeu seletivamente ao personagem Luke Skywalker, seja por imagens, pelo nome escrito ou pela gravação de voz mencionando o nome do personagem (Quiroga, 2012). Essa descoberta reforçou a ideia de que neurônios podem codificar informações sensoriais complexas como parte de conceitos unificados.

Além disso, Quiroga formulou o conceito de “**representação esparsa de conceitos**”, que sugere que pequenos grupos de neurônios podem representar conceitos relacionados. Quando o “conjunto de neurônios de Luke Skywalker” é ativado, por exemplo, ao ver uma imagem dele, isso pode desencadear a ativação de outros conceitos associados, como Yoda ou Darth Vader, por meio dos neurônios que compartilham uma representação sobreposta. Esse tipo de representação parcialmente sobreposta pode ser a base para codificar e aprender associações entre estímulos ou eventos (Figura 8).

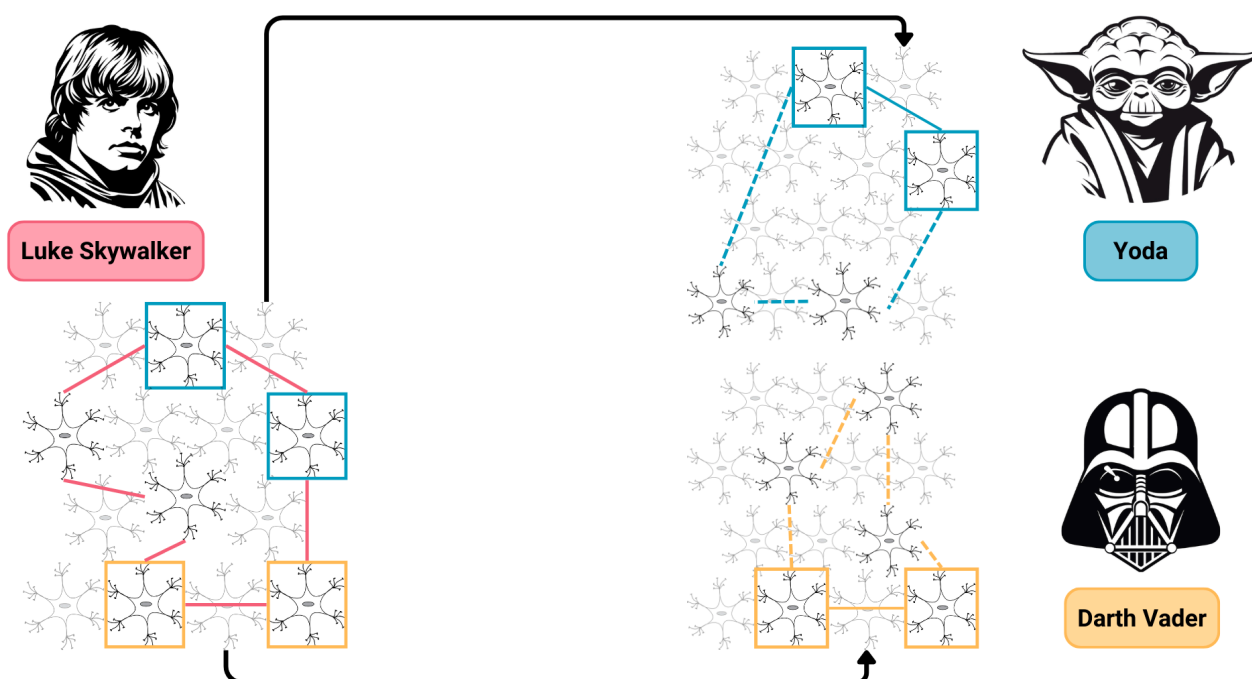


Figura 8. Esquema hipotético demonstrando a representação esparsa de conceitos por meio de pequenos grupos de neurônios, mostrando como esses mesmos neurônios podem ser ativados para representar diferentes conceitos interligados, exemplificados pelos personagens de Star Wars. A explicação detalhada deste esquema é apresentada a seguir no texto. (Fonte: Quiroga, 2012).

Para corroborar esta teoria, Quiroga (2020) tentou ensinar associações entre estímulos para seus pacientes ao juntar dois conceitos em uma mesma imagem. Para isso, apresentou fotos de Jennifer Aniston em frente à Torre Eiffel. Além do neurônio que respondia à atriz, outro neurônio foi ativado pela visão da Torre Eiffel. Mais tarde, quando apenas a foto da Torre Eiffel foi apresentada, o neurônio Jennifer Aniston também foi ativado. Esse experimento demonstrou que, após combinações entre os estímulos da torre e da atriz, uma associação foi estabelecida entre esses neurônios, de forma que ambos dispararam conjuntamente, como um mecanismo de memória de associação entre estímulos (Figura 9).

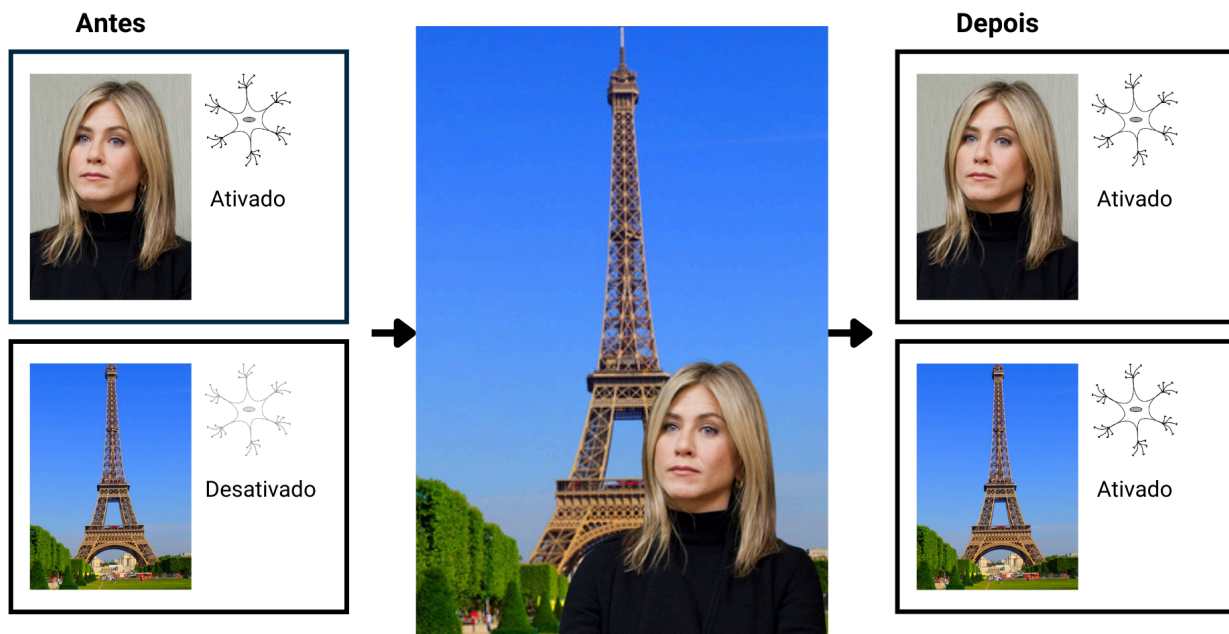


Figura 9. A figura acima ilustra o experimento citado acima. Inicialmente, o neurônio que respondia a imagens isoladas de Jennifer Aniston não respondia a imagens isoladas da Torre Eiffel. Durante o experimento, os estímulos de Jennifer Aniston e da Torre Eiffel foram mostrados juntos. Após essa associação, o neurônio que respondia a imagens isoladas de Jennifer Aniston também passou a responder a imagens isoladas da Torre Eiffel, como um “traço remanescente” da associação que foi aprendida. (Fonte: adaptada de Quiroga, 2020).

Em seguida, exploraremos o que as neurociências sugerem em termos práticos como estratégias para otimizar o aprendizado no contexto acadêmico.

3 ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A APRENDIZAGEM

Agora, você deve estar se perguntando se estas informações sobre o cérebro e a aprendizagem são relevantes para, por exemplo, elaborar estratégias para favorecer a sua aprendizagem. Se você fez essa reflexão, saiba que esse é um desafio enfrentado pelos neurocientistas: como investigar quais variáveis favorecem o aprendizado? Para desenvolver esses estudos, é importante considerar as grandes dificuldades tecnológicas e éticas de implantar eletrodos em pessoas para monitorar sua atividade neural diretamente durante o processo de aprendizagem. O estudo de Quiroga, por exemplo, foi possível porque ele teve acesso a pacientes que precisavam de monitoramento por eletrodos como parte de seu tratamento para epilepsia, tornando essa situação especial.

Como alternativa, as **neurociências comportamentais** geralmente utilizam metodologias experimentais para avaliar o impacto de diferentes condições de aprendizagem. Essas pesquisas podem, por exemplo, analisar o desempenho dos participantes em tarefas de memória e atenção em diferentes condições experimentais, buscando identificar quais variáveis são mais benéficas para o aprendizado. Outra opção comumente adotada consiste em realizar estudos fora do ambiente controlado dos laboratórios, aplicando diferentes metodologias em sala de aula e comparando o seu impacto no aprendizado dos alunos. O livro *Uncommon Sense Teaching*, da pesquisadora Barbara Oakley (2021), oferece uma revisão acessível de estudos científicos, traduzindo os resultados para pessoas sem formação especializada. O objetivo da obra é extrair desses estudos estratégias práticas que possam ser aplicadas no cotidiano do aprendizado de diversos alunos, e serão apresentados a seguir.

3.1 Intervalos de descanso e práticas de consolidação

Estudos indicam que períodos de descanso sem realizar outras atividades (apenas descansar, sem se distrair com vídeos ou tarefas que exigem atenção) são mais eficazes para melhorar a memorização de informações recém-aprendidas, em comparação com tentar se manter ocupado logo após o aprendizado (Wamsley, 2019). Em relação à quantidade de tempo necessária para o descanso entre sessões de aprendizado, um estudo demonstrou que 15 minutos de descanso com os olhos fechados já são suficientes para melhorar a capacidade de lembrar informações recém-aprendidas (Brokaw et al., 2016).

A partir disso, entende-se que tentar aprender uma grande quantidade de informações sem pausas para descansar não é uma estratégia eficaz. Isso é evidente, por exemplo, quando um aluno tenta estudar todo o conteúdo de uma disciplina na véspera da prova (Oakley et al., 2021). Essa abordagem é ineficaz porque não há tempo suficiente para treinar adequadamente as informações, nem para fortalecer as conexões neurais; além disso, períodos de descanso após os estudos parecem ser essenciais para que as conexões neurais recém-estabelecidas sejam melhor consolidadas. Ainda, se o descanso durante o dia é importante, uma boa rotina de sono à noite é ainda mais crucial. Durante o sono, algumas sinapses pré-existentes são fortalecidas, enquanto outras são eliminadas por falta de uso, permitindo que apenas as conexões mais ativas sejam preservadas (veja o capítulo 3) (Wamsley, 2019).

3.2 Estratégias de estudo

De acordo com Oakley e seus colaboradores (2021), no contexto acadêmico, as estratégias de estudo mais eficazes envolvem revisões curtas e frequentes do conteúdo ao longo de um período mais longo, como durante o curso de uma disciplina. Práticas como exercícios rápidos, resumos que destacam e simplificam os pontos principais, ou explicar o conteúdo ativamente para um colega são recomendadas. Em especial, explicar um conteúdo para outra pessoa se mostra uma estratégia interessante, pois seria uma atividade em que o aluno se engaja de forma ativa com o conteúdo, reforçando as suas conexões neurais recém-aprendidas. Para corroborar essa recomendação, muitas pesquisas indicam que o uso adequado de metodologias ativas para o aprendizado em sala de aula (que exigem o engajamento ativo dos alunos) pode ser mais eficiente para o aprendizado do que métodos unicamente passivos, como assistir a longas aulas sem discutir o conteúdo.

Por fim, para lhe ajudar como leitor a memorizar estas estratégias, revise a tabela abaixo. Estas foram apenas algumas recomendações úteis para uma rotina de estudos acadêmicos, buscando integrar o conhecimento básico recém-aprendido sobre o sistema nervoso e aspectos aplicados das neurociências comportamentais, porém outras estratégias serão melhor descritas durante o capítulo 2.

Tabela 1. Comparação de estratégias eficazes em oposição a estratégias ineficazes para se adotar durante os estudos acadêmicos.

Estratégias Eficazes	Estratégias Ineficazes
Fazer intervalos curtos de descanso entre os estudos favorecem o aprendizado (Wamsley, 2019).	Estudar grandes quantidades de conteúdo sem pausas, ou até mesmo passar tempo em outras atividades ativas que requerem atenção no intervalo entre estudos (Wamsley, 2019).
Manter uma boa rotina de sono é essencial para fornecer um bom descanso que favoreça a consolidação das sinapses (Wamsley, 2019).	Dormir pouco e manter uma rotina agitada durante os estudos pode prejudicar o aprendizado, dificultando a consolidação das sinapses após o processo de aquisição de conhecimento (Wamsley, 2019).
Pequenas e frequentes revisões ao longo do tempo são eficazes para consolidar as informações aprendidas (Oakley et al., 2021).	Fazer revisões longas ou muito espaçadas podem não ser tão eficazes, assim como tentar estudar todo o conteúdo de uma disciplina na véspera de uma prova (Oakley et al., 2021).
Conversas ativas sobre um conteúdo ou tentar explicar o conteúdo a um colega mantêm o aprendizado ativo e reforçam conexões neurais (Oakley et al., 2021).	Aprender de forma exclusivamente passiva, como ao assistir a longas aulas, pode ser menos eficaz para a aprendizagem em comparação com o uso apropriado de metodologias ativas (Oakley et al., 2021).

RESUMO

- O sistema nervoso é formado por uma parte central (encéfalo e medula espinhal) e uma periférica (nervos cranianos e espinhais). Ele coordena a percepção dos estímulos ambientais e a geração de respostas, que podem ser voluntárias ou involuntárias.
- Os neurônios são as unidades básicas do sistema nervoso, compostos por corpo celular (soma), dendritos (que recebem sinais) e axônios (que conduzem impulsos elétricos).
- A comunicação entre os neurônios ocorre por sinapses, que podem ser químicas ou elétricas. A sinapse química é mais comum no sistema nervoso humano e envolve neurotransmissores que se ligam aos receptores do neurônio pós-sináptico, provocando alterações elétricas que podem gerar novos impulsos nervosos.
- O comportamento humano é resultado da interação entre estímulos ambientais e respostas fisiológicas e comportamentais.
- A aprendizagem está diretamente relacionada ao sistema nervoso, especialmente ao papel do hipocampo e do neocórtex, que atuam na formação e consolidação de memórias. O caso clínico de H.M. demonstrou a importância do hipocampo para a aquisição de novas memórias, enquanto o neocórtex desempenha um papel crucial no armazenamento de memórias de longo prazo.
- A neuroplasticidade, ou plasticidade sináptica, refere-se à capacidade do sistema nervoso de reorganizar suas conexões sinápticas com base na experiência e no aprendizado.
- Durante o aprendizado, o hipocampo age como um "registrador temporário" para ativar conexões no neocórtex. Com o tempo e a repetição, essas conexões tornam-se independentes do hipocampo e são consolidadas no neocórtex, permitindo que a informação seja mantida por longos períodos.
- A repetição e a exposição contínua a estímulos são essenciais para fortalecer essas conexões e evitar o esquecimento.

- Estudos pioneiros mostraram que neurônios podem responder seletivamente a conceitos específicos, como o “neurônio Jennifer Aniston”. Esses neurônios são ativados por estímulos relacionados a um conceito, independentemente do formato do estímulo (imagens, sons ou palavras). Adicionalmente, a “representação esparsa de conceitos” sugere que pequenos grupos de neurônios trabalham juntos para codificar informações complexas e associações entre conceitos.
- Experimentos demonstraram que associações entre estímulos, como a combinação de imagens de Jennifer Aniston e da Torre Eiffel, criam conexões entre neurônios, mostrando como a memória de associações é formada no cérebro.
- Descansos curtos após períodos de estudo auxiliam na consolidação da memória, permitindo que as conexões neurais recém-estabelecidas sejam fortalecidas. Além disso, uma boa rotina de sono é fundamental para o fortalecimento das conexões neurais, pois o sono desempenha um papel essencial na consolidação das memórias.
- Revisões frequentes e espaçadas ao longo do tempo são mais eficazes para a retenção de informações do que estudar grandes quantidades de conteúdo de uma só vez.
- Métodos ativos de aprendizado, como explicar o conteúdo a um colega ou participar de discussões, são mais eficazes do que abordagens passivas, como apenas assistir a aulas expositivas.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. Os neurotransmissores são moléculas que facilitam a comunicação entre os neurônios e têm exclusivamente função excitatória, aumentando a atividade do neurônio pós-sináptico. ()
2. A aprendizagem de novos conceitos pode alterar a configuração das sinapses no cérebro. ()
3. O aprendizado de conceitos complexos, como a identidade de uma pessoa, depende da ativação de um único neurônio especializado. ()
4. Conceitos aprendidos, como o nome de um país, são armazenados permanentemente em uma única área do cérebro. ()
5. O aprendizado de conceitos, como a identidade de uma pessoa, ocorre apenas em uma região específica do cérebro chamada hipocampo. ()

Respostas:

1. Falso. Neurotransmissores são substâncias químicas que transmitem sinais entre os neurônios através das sinapses. Eles podem ter funções excitatórias (aumentando a atividade do neurônio pós-sináptico) ou inibitórias (reduzindo essa atividade) (Bear et al., 2017).
2. Verdadeiro. A aprendizagem está relacionada à plasticidade sináptica, que envolve mudanças na força e configuração das sinapses entre neurônios, permitindo a aquisição de novos conceitos e a conexão entre informações previamente aprendidas (Quiroga, 2012; 2020).
3. Falso. Conceitos complexos são representados por redes de neurônios que trabalham integradamente, e não por um único neurônio isolado. A ativação de múltiplos neurônios contribui para a codificação e representação de informações complexas (Quiroga, 2020).
4. Falso. Memórias relacionadas a conceitos são armazenadas em redes neurais distribuídas por diferentes regiões do cérebro, e não em uma única área (Quiroga, 2020).
5. Falso. O hipocampo é essencial para a formação inicial de memórias, mas o aprendizado de conceitos envolve diversas áreas cerebrais, como o neocórtex, que desempenha um papel importante no armazenamento e na integração de informações (Oakley et al., 2021).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 1: Estrutura e funcionamento básico do Sistema Nervoso](#)
- Videoaula: [MÓDULO 1: Conexões entre os neurônios e sua relação com a aprendizagem](#)
- Videoaula: [MÓDULO 1: Estratégias para otimizar a aprendizagem](#)

MATERIAL COMPLEMENTAR

- Vídeo: [Sistema nervoso: Potencial de ação](#)
- Vídeo:   [NEURÔNIOS e NEUROTRANSMISSORES | Estrutura](#)
- Vídeo: [SEU NEURÔNIO QUANDO APRENDE ALGO NOVO. - YouTube](#)
- Vídeo:  [The Jennifer Aniston Neuron & Forming Memories](#)

REFERÊNCIAS

- Aronson, J., Fried, C. B., & Good, C. (2002). Reducing the effects of stereotype threat on african american college students by shaping theories of intelligence. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38(2), 113–125. <https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>
- Azevedo, F. A., Carvalho, L. R., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E., Leite, R. E., ... & Herculano-Houzel, S. (2009). Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *Journal of Comparative Neurology*, 513(5), 532-541. <https://doi.org/10.1002/cne.21974>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso* (4th ed.). Artmed.
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep). (2024). Censo da Educação Superior. Brasília, DF. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior>
- Brokaw, K., Tishler, W., Manceor, S., Hamilton, K., Gaulden, A., Parr, E., & Wamsley, E. J. (2016). Resting state EEG correlates of memory consolidation. *Neurobiology of learning and memory*, 130, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2016.01.008>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2014). *Princípios de neurociência* (5ª ed.). AMGH.
- Oakley, B., & Sejnowski, T. J. (2021). Uncommon sense teaching: Practical insights in brain science to help students learn. Penguin.
- Purves, D., et al. (2018) *Neuroscience*. 6th Edition, Sinauer Associates, New York.
- Quiroga, R. Q., Reddy, L., Kreiman, G., Koch, C., & Fried, I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, 435(7045), 1102-1107. <https://www.nature.com/articles/nature03687>
- Quiroga, R. Q. (2012). Concept cells: the building blocks of declarative memory functions. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(8), 587-597. <https://www.nature.com/articles/nrn3251>
- Quiroga, R. Q. (2020). Searching for the neural correlates of human intelligence. *Current Biology*, 30(8), R335-R338. [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(20\)30338-9](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(20)30338-9)
- Ribeiro, A. J., Ruggiero, R. N., & Padovan-Neto, F. E. (2025a). Previous neuroscience exposure predicts self-efficacy among undergraduate students. *Trends in Neuroscience and Education*, 38, 100251. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2025.100251>
- Ribeiro, A. J., Mülle, R. L. D., & Padovan-Neto, F. E. (2025b). Neuroscience Exposure as a Predictor of Teaching Self-Efficacy. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 15(5), 86. <https://doi.org/10.3390/ejihpe15050086>
- Runyan, J. D., Moore, A. N., & Dash, P. K. (2019). Coordinating what we've learned about memory consolidation: Revisiting a unified theory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 100, 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.02.010>
- Wamsley, E. J. (2019). Memory consolidation during waking rest. *Trends in cognitive sciences*, 23(3), 171-173. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.12.007>
- Yeager, D. S., et al.. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>

Capítulo 2



Memória

Isabella Wada e Pucci

Ana Julia Ribeiro

Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

A neurociência é um campo dedicado a compreender como o sistema nervoso funciona e como ele influencia nosso comportamento, incluindo os processos de aprendizagem e memória. Segundo Lent (2010), a aprendizagem é o processo pelo qual adquirimos novas informações, permitindo-nos direcionar nosso comportamento e pensamento com base nesse conhecimento. A memória, por sua vez, envolve o armazenamento seletivo dessas informações no encéfalo, possibilitando o acesso posterior, seja de forma consciente ou inconsciente, às experiências e conhecimentos adquiridos. A aprendizagem é, portanto, o primeiro passo, enquanto a memória opera nos níveis neurobiológicos e neuropsicológicos para auxiliar na aquisição, retenção e aplicação do conhecimento ao longo da vida.

A memória é essencial para todas as atividades que realizamos em nosso cotidiano. Como destaca Izquierdo (2006), “somos aquilo que lembramos”, uma vez que o conjunto de memórias de cada pessoa influencia diretamente sua personalidade e até mesmo o que podemos nos tornar. Para uma informação ser lembrada, ela deve primeiro ser captada do mundo exterior por meio dos sentidos, codificada no encéfalo, armazenada e, finalmente, recuperada no futuro. Esse processo é fundamental para a resolução de problemas, tomada de decisões e realização de tarefas (Baddeley, 2007; Brown & Craik, 2000).

Objetivos de aprendizagem

- Definir a relevância da memória para o aprendizado e seu processamento;
- Identificar as variações da memória considerando sua retenção temporal e natureza;
- Reconhecer estratégias para melhorar a memória.

1 NEUROBIOLOGIA DA MEMÓRIA E SEU PROCESSAMENTO

A memória é um processo cognitivo complexo que envolve a captação de informações do mundo ao nosso redor, o armazenamento dessas informações em nosso encéfalo e sua posterior recuperação quando necessário. Esse processo é fundamental para resolver problemas, tomar decisões e realizar tarefas, além de ser essencial para aprender com o passado e planejar o futuro (Lent, 2010). A capacidade de armazenar, manipular e evocar as informações derivadas das experiências com o mundo é provavelmente uma das funções mais complexas do encéfalo, envolvendo mecanismos de **codificação**, **consolidação** e **evocação** (Bear et al., 2017; Purves et al., 2018). Este tópico, portanto, propõe apresentar brevemente os mecanismos envolvidos no processamento da memória, que estão representados na Figura 3.

1.1 Codificação

Na **codificação**, as informações sensoriais (obtidas através da visão, audição, tato, olfato e paladar) são inicialmente processadas nos córtices sensoriais e motores primários. Acredita-se que essas regiões seriam equivalentes a aproximadamente um quinto do córtex cerebral, sendo o restante do córtex, denominado de córtex associativo, destinado a processamentos mais complexos como o reconhecimento, identificação de características, armazenamento e integração e associação das informações advindas de outras regiões encefálicas.

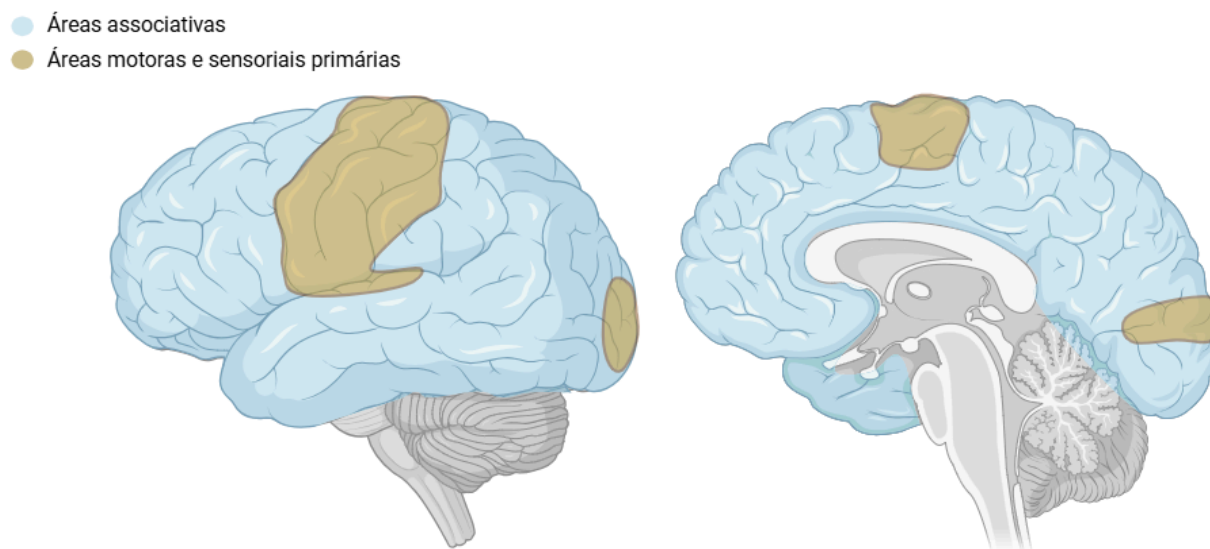


Figura 1. Vistas lateral e medial do cérebro humano, destacando em azul as áreas dos córtices associativos. As regiões sensoriais e motoras primárias do neocórtex estão indicadas em amarelo. O restante, composto pelos córtices associativos, é essencial para as funções cognitivas humanas. O termo “associativos” se refere ao papel dessas regiões em integrar informações de diferentes partes do encéfalo. (Fonte: adaptada de Purves et al., 2018).

As memórias seriam então codificadas em nosso encéfalo por meio de modificações físicas realizadas através do fortalecimento das conexões sinápticas entre os neurônios que constituem e mantêm essa memória (Josselyn et al., 2015). O processo de fortalecimento das conexões sinápticas entre os neurônios seria, portanto, fundamental para a formação de uma memória e sofre influência do nível da força entre as conexões sinápticas.

A variação da força de uma conexão sináptica pode ser melhor compreendida pelo que ficou conhecido como “regra de Hebb”, na qual se entende que os neurônios que disparam juntos, se conectam juntos (Hebb, 1949). Entretanto, as sinapses podem sofrer alterações em sua

estrutura e função, através da plasticidade sináptica, que operam por meio de dois fenômenos conhecidos como **potenciação de longa duração** (LTP- *long-term potentiation*) e **depressão de longa duração** (LTD- *long-term depression*). A LTP refere-se ao aumento duradouro na força sináptica, que fortalece as sinapses em resposta a uma estimulação de alta frequência (ou de padrão recente de atividade), enquanto os mecanismos da LTD referem-se ao enfraquecimento da força sináptica (Bocchio et al., 2017). Ambos os mecanismos estariam diretamente relacionados à formação, consolidação e flexibilidades das memórias (Izquierdo et al., 2008; Stacho et al., 2022)

1.2 Consolidação

Como vimos até o momento, o processo de formação de uma memória envolve diversas alterações celulares e moleculares, que consequentemente envolvem modificações nas conexões sinápticas dos neurônios (Bocchio et al., 2017). Após a etapa de codificação, as memórias encontram-se ainda muito frágeis e sensíveis a modificações, podendo ser fortalecidas ou esquecidas (através dos mecanismos de LTD e LTP) (Bocchio et al., 2017; Pedraza et al., 2016). Chamamos de **consolidação** o processo de transformação destas memórias frágeis em memórias mais estáveis e duradouras (Schrijver & Barrouillet, 2017). A consolidação da memória envolve uma rede complexa de sistemas cerebrais e eventos moleculares (Izquierdo et al., 2006). A consolidação das memórias pode ser compreendida a um nível sináptico (celular) ou ao nível encefálico (sistêmico) (Dudai, 2004).

No nível sináptico, esse processo refere-se às alterações nos circuitos neurais que permitem a retenção das informações que compõem a memória. A formação de uma memória de longa duração, por exemplo, deixa substratos físicos por todo o encéfalo. Chamamos de **engrama** a representação física de uma memória no cérebro, frequentemente descrito como um “traço de memória”, ao envolver mudanças em um circuito neural, em vez de estar associado a um único neurônio (Breedlove & Watson, 2017). Ele consiste em um conjunto de neurônios que participa dos processos de codificação, manutenção e evocação da memória. Para a formação de um engrama, esses neurônios precisam estar ativos durante a codificação da memória, sofrer alterações físicas ou químicas duradouras em resposta ao aprendizado e ser reativados quando a memória é evocada (Josselyn et al., 2015).

A **plasticidade sináptica** garante que as memórias sejam armazenadas individualizadamente, mesmo que informações semelhantes sejam codificadas em populações neurais sobrepostas. As ligações entre os neurônios em um engrama são essenciais para a formação de uma memória (Cassini et al., 2013). Os **espinhos dendríticos**, cujas funções estão destacadas no capítulo 1, são estruturas essenciais para a formação e manutenção das conexões sinápticas e desempenham um papel central nos mecanismos moleculares da LTP e LTD. Enquanto a LTP fortalece as conexões sinápticas, a LTD tem o efeito oposto, enfraquecendo-as. Ambos são processos fundamentais para a plasticidade sináptica, crucial para o aprendizado e a memória. A LTD ocorre nos espinhos dendríticos quando há uma redução na atividade sináptica, contribuindo para a modulação e o refinamento das redes neurais. Dessa forma, os espinhos dendríticos desempenham um papel vital em ambos os processos, LTP e LTD, equilibrando o fortalecimento e o enfraquecimento das sinapses. (Purves et al., 2018).

Diversas estruturas encefálicas atuam de modo interconectado na consolidação de memórias, tais como o hipocampo, áreas corticais próximas ao hipocampo, diencefalo, neocórtex e outras áreas (Bear et al., 2017). Os primeiros indícios sobre o processo de consolidação da memória vieram de estudos sobre amnésia retrógrada, que revelaram que lesões no hipocampo afetam memórias recentes, enquanto as lembranças mais antigas permanecem geralmente preservadas (Squire et al., 2015). Em especial, o caso de Henry Molaison, conhecido como caso do paciente H. M., foi fundamental para a compreensão do papel do hipocampo na memória

Assista ao vídeo “A história de Henry Molaison (H. M.)” para compreender melhor o desfecho do caso e sua contribuição para o estudo da memória:

▶ Amnesiac - A história de ...

(Marslen-Wilson & Teuber, 1975). H. M. sofria de um caso severo de epilepsia, e como uma tentativa de tratamento, passou por um procedimento cirúrgico para a remoção bilateral das porções mediais do lobo temporal, que incluíam o hipocampo e regiões adjacentes. Após a cirurgia, observou-se que ele era incapaz de formar novas memórias declarativas (memórias que podem ser expressas através da linguagem), mas manteve memórias antigas e habilidades motoras (que não são expressas

conscientemente através da linguagem).

Esses achados evidenciam o papel essencial do hipocampo na formação de novas memórias declarativas, e, por outro lado, mostraram que memórias não declarativas não dependiam necessariamente dessa estrutura para seu funcionamento. Esse caso reforçou a necessidade da divisão da memória em dois tipos: **declarativas** e **não declarativas** (que serão abordadas no próximo tópico). Além disso, mesmo sem o hipocampo, as funções relacionadas à memória de curto prazo e a realização de tarefas simples permaneceram preservadas em H. M. De modo específico, este caso foi fundamental para compreensão do processo de consolidação das memórias, enfatizando a função do hipocampo na consolidação das memórias de curto prazo em memórias de longo prazo.

Chamamos de **consolidação sistêmica** o processo pelo qual memórias dependentes do hipocampo são gradualmente reorganizadas e armazenadas no neocórtex, de modo a se tornarem independentes do hipocampo (Squire et al., 2015). Este processo permite que as memórias sejam sintetizadas e generalizadas, permitindo uma reação mais rápida em situações cotidianas, e possibilitando que a aprendizagem seja aplicada nos mais diversos contextos (Jasnow et al., 2017; Pedraza et al., 2016).

1.3 Evocação

Por fim, a **evocação** (ou recuperação) é um processo ativo e dinâmico que permite acessar e utilizar o conteúdo de uma memória armazenada em resposta às demandas do ambiente (Breedlove & Watson, 2017). O processo de evocação consiste na reativação de neurônios específicos (que foram ativados durante a codificação), que compõem o **engrama** de uma determinada memória. A nível celular, este processo utiliza-se da síntese e degradação de proteínas, tráfego de receptores glutamatérgicos e reestruturação do citoesqueleto e dos espinhos dendríticos (Lunardi et al., 2018). Dessa maneira, a evocação desempenha um papel essencial ao permitir que experiências passadas sejam acessadas e influenciem nossas ações e decisões no presente. Esse processo possibilita a integração de memórias antigas com o contexto atual, ajudando a moldar nosso comportamento com base em aprendizagens anteriores. Seja ao lembrar uma habilidade adquirida, uma informação importante, ou até mesmo ao responder a situações emocionais, a evocação permite que o passado se manifeste de maneira significativa no presente (Breedlove & Watson, 2017).

2 MEMÓRIA E SUAS VARIAÇÕES

Existem diferentes tipos de memória, cada um com funções específicas e processados em diversas regiões do cérebro. Como veremos, esses tipos de memória operam de forma integrada e são essenciais para todas as atividades que realizamos no dia a dia, desde as tarefas mais simples até as mais complexas. A seguir, apresentamos uma visão geral dos principais tipos de memória, considerando sua retenção temporal e sua natureza.

2.1 Tipos de memória quanto à retenção temporal

As principais categorias temporais da memória humana podem ser divididas em três classes de acordo com seu tempo de retenção, sendo elas: memória sensorial, memória de curto prazo e memória de longo prazo. Na figura 2, podemos observar resumidamente como o processamento da memória interage com seus tipos quanto à retenção temporal. A seguir, descreveremos melhor cada tipo de memória e seus mecanismos biológicos (Bear et al., 2017; Purves et al., 2018).

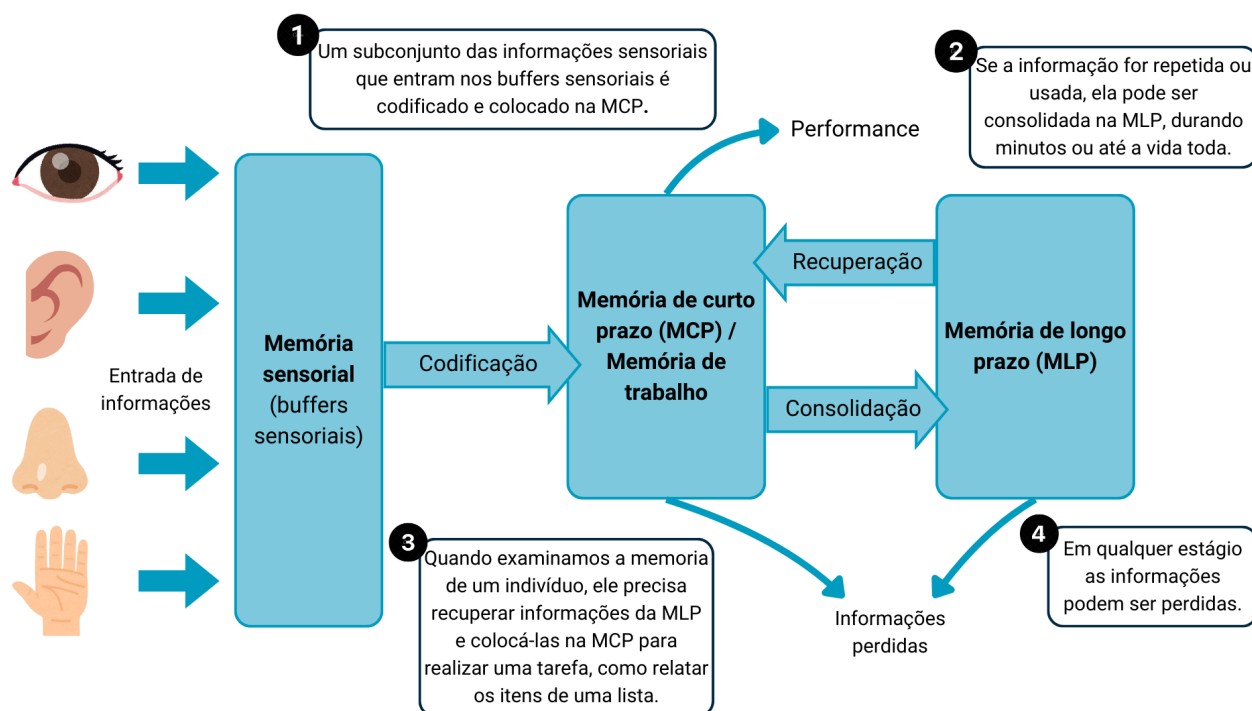


Figura 2. Processo de formação de memória, desde a entrada das informações sensoriais até seu armazenamento de longo prazo. Na figura o processamento da memória foi dividido em 4 etapas: (1) As informações sensoriais recebidas através dos sentidos são inicialmente armazenadas na memória sensorial. Um subconjunto dessas informações é codificado e transferido para a memória de curto prazo (MCP), também conhecida como memória de trabalho. (2) Se as informações na MCP forem repetidas ou utilizadas, elas podem ser consolidadas na memória de longo prazo (MLP), onde podem durar de minutos a toda a vida. (3) Para realizar tarefas que exigem lembrar de algo, as informações da MLP são recuperadas e trazidas de volta à MCP, permitindo a atuação do indivíduo na realização de alguma tarefa. (4) Em qualquer estágio, as informações podem ser perdidas, tanto na codificação, consolidação ou recuperação (Fonte: adaptado de Breedlove & Watson, 2017).

2.1.1 Memória Sensorial

A **memória sensorial** é responsável pelo armazenamento das informações sensoriais, por períodos muito breves, e contém os registros obtidos através da visão, audição, tato, olfato e paladar. As sensações captadas pela nossa percepção são traduzidas por meio de receptores especializados, que se encontram, por exemplo, na pele e nos músculos, no caso do tato, ou na retina que via fotorreceptores, captam e convertem a luz em sinais elétricos. As informações sensoriais são então **codificadas** pelo encéfalo através dos córtices sensoriais e motores primários, conforme já mencionado no tópico 1.1, no processo conhecido como codificação. A memória sensorial entra em ação, por exemplo, quando uma câmera dispara um flash e a luz permanece em nossa visão por uma fração de segundo antes de desaparecer, ou quando ouvimos um som breve, que fica registrado por um instante, mas logo desaparece.

2.1.2 Memória de Curto Prazo

A **memória de curto prazo** refere-se à capacidade limitada de armazenar informações por um período breve, geralmente de segundos a minutos. Os conteúdos mantidos nessa memória são vulneráveis a distrações e podem ser facilmente esquecidos. Por exemplo, durante uma reunião, você pode ser apresentado a várias pessoas e tentar se lembrar de seus nomes, mas provavelmente essas informações serão esquecidas após o término da reunião. Algumas dessas informações podem ser convertidas em memórias de longo prazo através da **consolidação**, enquanto outras serão rapidamente esquecidas.

2.1.3 Memória de Longo Prazo

A **memória de longo prazo** refere-se ao armazenamento de informações que permanecem disponíveis para recordação por longos períodos, dias, anos, ou até mesmo por toda a vida. É na memória de longo prazo que são mantidas as informações necessárias para nossas atividades cotidianas, como os nomes das pessoas, os lugares onde guardamos objetos e nosso conhecimento sobre o mundo. Utilizamos a memória de longo prazo para nos lembrarmos de eventos da nossa infância, como uma viagem ou um aniversário. Embora essas memórias sejam mais consolidadas do que aquelas armazenadas na memória de curto prazo, ainda assim podem ser esquecidas. Por exemplo, você pode lembrar-se facilmente de todas as etapas de uma tarefa que realizava em um antigo trabalho por muitos anos. No entanto, com o passar do tempo, se essas memórias não forem mais acessadas, é natural que elas se enfraqueçam, levando a dificuldades em recordar essas informações.

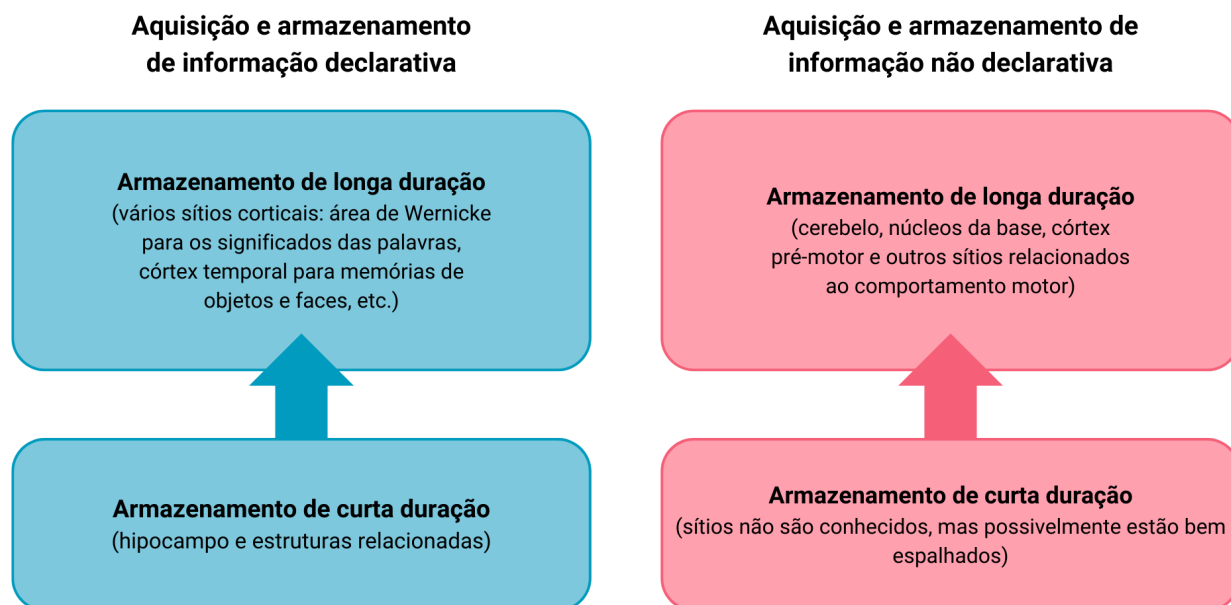


Figura 3. Diagrama da aquisição e do armazenamento de informação declarativa em comparação a informação não declarativa. À esquerda, o armazenamento de informação declarativa envolve memórias que podem ser conscientemente acessadas, como fatos e eventos. O armazenamento de longa duração ocorre em várias regiões corticais, enquanto o armazenamento de curta duração depende do hipocampo e estruturas relacionadas. À direita, o armazenamento de informação não declarativa, que inclui habilidades motoras e hábitos, envolve estruturas como o cerebelo, os núcleos da base, o córtex pré-motor, e outras relacionadas (Fonte: adaptado de Purves et al., 2018).

Diferentes sistemas encefálicos participam do armazenamento de longo prazo das memórias declarativas e não declarativas (Figura 3). A **memória declarativa** engloba recordações acessíveis à consciência, que podem ser expressas verbalmente. O hipocampo, em conjunto com

estruturas do diencéfalo mediano e do lobo temporal, é fundamental para a formação dessas memórias, enquanto o córtex cerebral serve como o principal repositório. Por exemplo, a área de Wernicke está relacionada aos significados das palavras, e o córtex temporal ao armazenamento de memórias visuais, como objetos e rostos. A evocação de memórias declarativas de longo prazo envolve o lobo temporal medial e regiões do córtex frontal. Por outro lado, a **memória não declarativa**, também chamada de memória procedural, não está totalmente acessível à recuperação consciente. Ela abrange habilidades e associações, como rebater uma bola de tênis ou discar um número de telefone. Esse tipo de memória está associado a estruturas como o cerebelo, os núcleos da base, o córtex pré-motor, entre outras áreas responsáveis pelo controle motor e comportamentos automáticos.

2.2 Tipos de memória quanto a sua natureza

Além da classificação com base no tempo de retenção, a memória também pode ser categorizada conforme sua natureza. Como discutido anteriormente, a memória se divide em dois grandes grupos: declarativa e não declarativa. Na seção anterior, exploramos as diferenças entre esses tipos de memória em termos de acessibilidade consciente e do tipo de informação que armazenam, resumidas na Figura 4. Agora, aprofundaremos essa análise, examinando as subdivisões dentro dessas duas categorias principais e as respectivas regiões do sistema nervoso envolvidas, como mostrado na Tabela 1 (Bear et al., 2017; Lent, 2010; Purves et al., 2018).

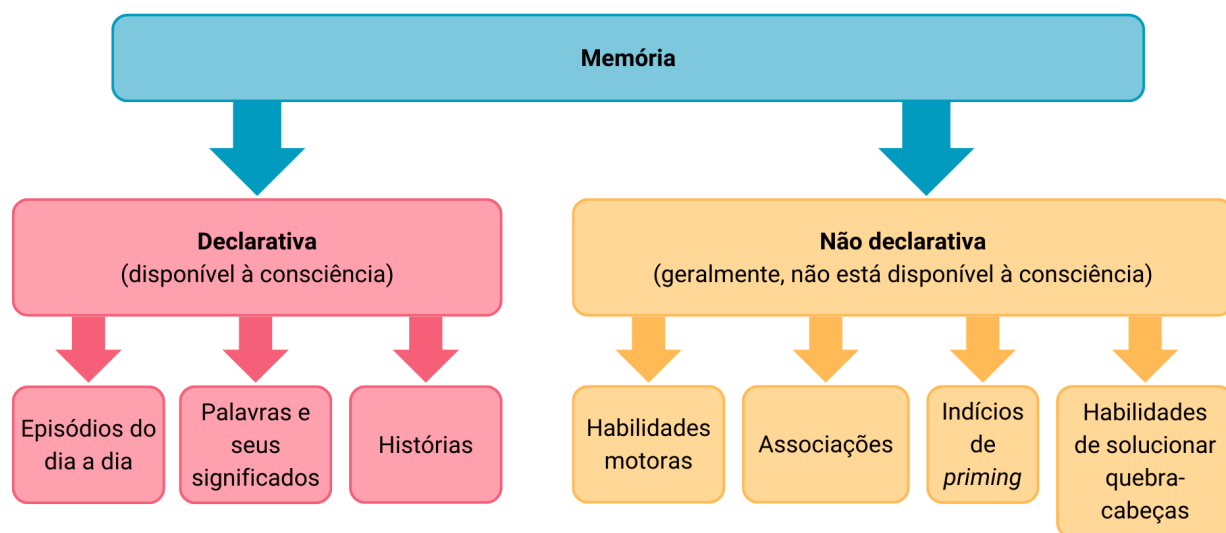


Figura 4. A memória declarativa envolve lembranças que podem ser conscientemente acessadas e expressas, como eventos, imagens ou sons recordados. Já a memória não declarativa, ou de procedimentos, abrange habilidades motoras e cognitivas, condicionamento clássico simples, efeitos de priming e outras informações aprendidas e recuperadas inconscientemente (Fonte: adaptado de Purves et al., 2018).

2.2.1 Memória Declarativa

A memória declarativa (ou explícita), que engloba as lembranças que podemos acessar e verbalizar conscientemente, divide-se em memória episódica e semântica. Um exemplo de memória declarativa seria lembrar o nome da capital de um país ou o dia em que você se formou. Como mencionado anteriormente, o hipocampo e estruturas associadas do diencéfalo mediano e do lobo temporal são essenciais para a formação dessas memórias, armazenadas em várias regiões do córtex cerebral (Figura 5).

A memória declarativa pode ser subdividida em dois tipos: a **memória episódica**, que envolve a lembrança de eventos específicos no tempo, e a **memória semântica**, que lida com conceitos atemporais e informações gerais sobre o mundo. A memória episódica está diretamente ligada às experiências pessoais. Por exemplo, lembrar que você foi a um festival de rock na última sexta-feira é uma recordação única associada a um momento específico da sua vida. Já a memória semântica envolve conhecimentos amplamente compartilhados, como o fato de o rock ser um estilo musical e que bandas como The Beatles e Queen são ícones desse gênero. Enquanto a memória episódica reflete vivências individuais, a memória semântica forma o repertório cultural e de conhecimentos comuns a muitas pessoas.

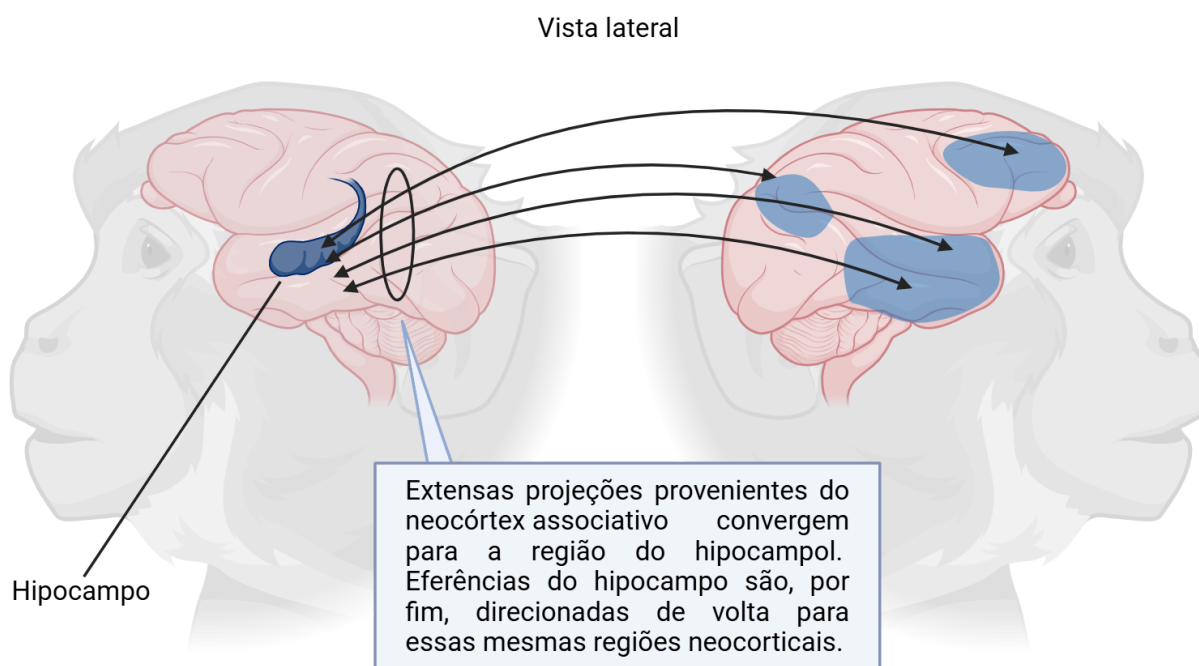


Figura 5. Conexões entre o hipocampo e possíveis locais de armazenamento das memórias declarativas no encéfalo de um primata, em vista lateral. Projeções de várias áreas corticais convergem para o hipocampo e estruturas associadas, envolvidas na memória declarativa. Essas áreas também enviam projeções de volta para as regiões corticais (Fonte: adaptado de Purves et al., 2018).

2.2.2 Memória Não Declarativa

A memória não declarativa (ou implícita), que opera de forma inconsciente e automática, engloba diversas formas de aprendizado e habilidades. Entre elas estão a memória de representação perceptual (ou priming) e a memória de procedimentos, que pode ser subdividida em aprendizado associativo e não associativo. Um exemplo disso é a memorização de tarefas que se tornam automáticas com o tempo, como andar de bicicleta, dirigir um carro ou reagir ao toque de uma campainha. A memória não declarativa está associada a várias regiões do cérebro, incluindo os núcleos da base, o córtex pré-frontal, a amígdala, o córtex associativo sensorial e o cerebelo.

Memória de representação perceptual (ou priming)

O **priming** é um tipo de memória relacionado à facilitação do reconhecimento ou processamento de um estímulo após a exposição prévia a ele. Esse tipo de memória permite uma resposta mais rápida a um estímulo previamente percebido pelo indivíduo. Por exemplo, ao ouvir uma música familiar, você pode se pegar reconhecendo ou até mesmo cantando trechos dela, mesmo sem ter plena consciência de que conhece a música. Provavelmente, se a música não

estivesse tocando, você seria incapaz de recuperá-la conscientemente. O priming depende da integridade do córtex associativo sensorial e é essencial para a formação e ativação de associações perceptivas automáticas.

Memória de procedimentos

A **memória de procedimentos (ou procedural)** envolve habilidades, hábitos e comportamentos, como aprender a tocar um instrumento ou amarrar os sapatos. Esse tipo de memória resulta das experiências do indivíduo e exige mais tempo para ser consolidada, ao requerer repetição e prática. No entanto, uma vez consolidada, a memória procedural é menos propensa ao esquecimento. Nesse sentido, a memória de procedimentos pode ser dividida em dois tipos: a **memória não associativa** e a **memória associativa**, que serão detalhadas a seguir com as respectivas regiões do sistema nervoso envolvidas:

1. Memória não associativa: refere-se a um tipo de aprendizado resultando em mudanças de comportamento em resposta a um único estímulo ao longo do tempo. Ela se divide em dois processos principais: **habituação** e **sensibilização**, cada um envolvendo diferentes mecanismos neurais e regiões do sistema nervoso.

Na **habituação**, ocorre uma diminuição progressiva da resposta a um estímulo repetido e irrelevante. Um exemplo cotidiano seria o toque constante de um telefone que, com o tempo, deixamos de notar se não nos afeta diretamente. Essa forma de aprendizado geralmente envolve regiões mais simples do sistema nervoso, como os circuitos reflexos da medula espinhal e do tronco encefálico, responsáveis por processar estímulos repetitivos de maneira eficiente, permitindo que o cérebro descarte informações que não são importantes.

Por outro lado, a **sensibilização** envolve uma intensificação da resposta a um estímulo após uma experiência forte ou nociva. Imagine, por exemplo, que após um blecaute você se torna mais atento e reativo a sons que antes não chamavam sua atenção, como passos atrás de você. Nesse processo, o envolvimento do sistema nervoso é mais abrangente. Além do tronco encefálico, áreas como o sistema límbico, especialmente a amígdala, desempenham um papel crucial. A amígdala é particularmente importante na modulação das respostas emocionais associadas ao estímulo, ajustando a intensidade da reação com base em experiências anteriores.

Ambos os processos, habituação e sensibilização, ajustam nossas respostas a estímulos eficientemente, sem a necessidade de associar estímulos diferentes entre si. Essas mudanças refletem como o sistema nervoso otimiza a nossa interação com o ambiente, filtrando estímulos irrelevantes e aumentando a atenção para situações potencialmente ameaçadoras.

(a) Habituação



(b) Sensibilização



Figura 6. Tipos de aprendizado não associativo. (a) Na habituação, a exposição repetida a um mesmo estímulo faz com que a resposta a ele diminua gradualmente. (b) Na sensibilização, um estímulo intenso provoca uma resposta exagerada a qualquer estímulo que venha depois (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

2. Memória associativa: refere-se a um tipo de memória que envolve habilidades motoras ou comportamentais, fortalecidas por meio de aprendizado associativo. Esse tipo de memória ocorre quando há uma ligação entre eventos ou estímulos, e pode ser dividido em dois tipos principais: **condicionamento clássico** e **condicionamento operante**.

O **condicionamento clássico** foi descoberto por Ivan Pavlov, um fisiologista russo, em experimentos com cães no final do século XIX. Esse processo de aprendizado baseia-se na capacidade biológica de certos estímulos eliciarem respostas reflexas (involuntárias) em indivíduos de uma espécie. Por exemplo, Pavlov observou que a visão e o cheiro de carne eram suficientes para provocar a resposta reflexa de salivação nos cães. Nesse caso, a carne atuava como um **estímulo incondicionado (EI)**, pois gerava a resposta reflexa de salivação sem necessidade de aprendizado prévio. A partir dessa observação, Pavlov passou a apresentar a carne com o som de uma campainha. Inicialmente, o som da campainha, por si só, não tinha relação com a salivação. No entanto, após a repetida apresentação conjunta dos dois estímulos, ocorreu um processo de aprendizagem associativa. Pavlov tocou a campainha sem oferecer a carne, e observou que o som da campainha sozinho era suficiente para fazer o cão salivar. Assim, o som da campainha se tornou um **estímulo condicionado (EC)**, adquirindo a capacidade de provocar a resposta de salivação, que antes era eliciada apenas pela carne (Figura 7).

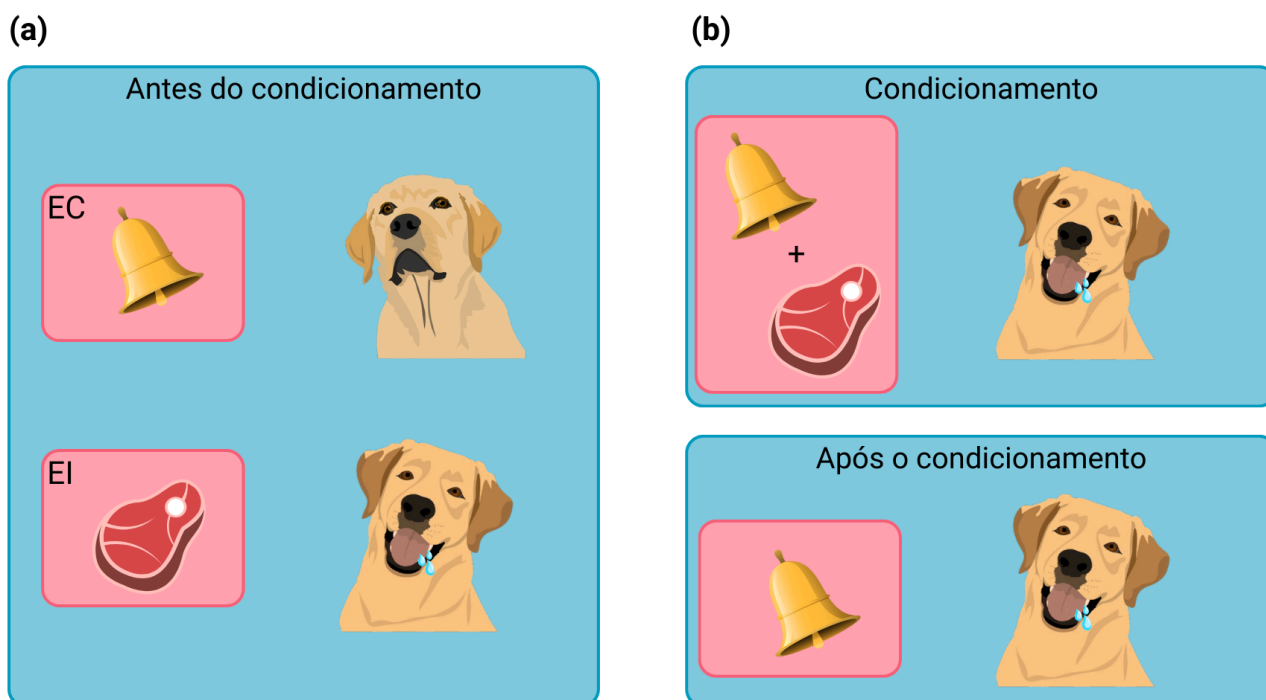


Figura 7. Condicionamento clássico. (a) Antes do condicionamento, o som de uma campainha, que atua como estímulo condicionado (EC), não gera nenhuma resposta no cão, diferentemente da reação forte provocada pela visão de um pedaço de carne, o estímulo incondicionado (EI). (b) O processo de condicionamento envolve a apresentação simultânea do som da campainha e da carne repetidas vezes. O cão aprende a associar o som à presença de comida e, após o condicionamento, começa a salivar apenas ao ouvir a campainha, mesmo sem a carne estar presente (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

O **condicionamento operante** foi inicialmente estudado por Edward Thorndike no início do século XX. Enquanto o condicionamento clássico envolve a aprendizagem de respostas reflexas involuntárias, o condicionamento operante baseia-se em respostas comportamentais voluntárias. Ele postula que, em determinado contexto, a probabilidade de um comportamento ocorrer será influenciada pelas consequências que esse comportamento produz. Um exemplo clássico envolve

um rato faminto colocado em uma caixa com uma barra que libera alimento ao ser pressionada. Inicialmente, o rato pressiona a barra acidentalmente e recebe comida, mas, após várias ocorrências, aprende a relação entre pressionar a barra e obter a comida (recompensa). Com o tempo, o rato passa a pressionar a barra deliberadamente para conseguir alimento até satisfazer sua fome.

A motivação também desempenha um papel crucial no condicionamento operante, pois um rato faminto é mais propenso a pressionar a barra em busca de comida. Essa diferença de motivação reflete a maior complexidade dos circuitos neurais envolvidos no condicionamento operante em comparação com o condicionamento clássico.

Em relação às regiões encefálicas envolvidas na **memória associativa**, destaca-se o envolvimento da amígdala e do cerebelo. A amígdala é responsável pelo processamento e armazenamento de memórias emocionais associadas a estímulos, como medo ou prazer, sendo crucial para respostas emocionais condicionadas, como reações de alerta a situações perigosas. Por sua vez, o cerebelo desempenha um papel fundamental nas respostas motoras, sendo essencial para o aprendizado e execução de movimentos coordenados, como no condicionamento motor clássico. Um exemplo disso é o aprendizado de piscar após ouvir um som que precede um sopro de ar direcionado ao olho, um processo que depende da ativação adequada dos circuitos neurais do cerebelo.

2.2.3 Memória de trabalho

A **memória de trabalho** (ou operacional) refere-se à capacidade de sustentar e manipular conscientemente informações solicitadas pelo ambiente, por períodos que variam de alguns segundos a minutos. Diferentemente da memória sensorial, temos acesso consciente ao conteúdo da memória de trabalho. Mediante funções associadas ao **córtex pré-frontal**, a informação é mantida ativa por meio de redes neurais específicas que sustentam a atenção e o processamento cognitivo necessário para sua retenção e possível consolidação na memória de longo prazo.

A memória de trabalho possui uma capacidade limitada, permitindo a lembrança de apenas algumas informações por um breve intervalo de tempo. Diferente da memória de curto prazo, ela requer ensaio e repetição ativa para evitar o esquecimento. Um exemplo de sua utilização é quando alguém lhe diz um número de telefone e você o repete mentalmente até o discar. Se, em algum momento, você parar de repetir o número mentalmente, ele será provavelmente esquecido (Bear et al., 2017).

A memória de trabalho é essencial para funções complexas, como planejamento, raciocínio, resolução de problemas e compreensão da linguagem (Uehara & Landeira-Fernandez, 2010). Além do córtex pré-frontal, outras áreas corticais, como o **córtex intraparietal lateral (área LIP)** e regiões dos **córtices parietal e temporal**, também estão envolvidas na retenção de informações relacionadas a esse tipo de memória.

Tabela 1. Resumo dos tipos de memória quanto a sua natureza, suas características e as respectivas regiões do sistema nervoso envolvidas.

Tipos	Subtipos	Características	Regiões do sistema nervoso
Memória declarativa	Pode ser descrita por meio de palavras e outros símbolos.		
	Episódica	Tem uma referência temporal: memória de fatos sequenciados.	Lobo temporal medial (hipocampo), Diencefalo e Neocórtex.
	Semântica	Envolve conceitos atemporais: memória cultural.	
Memória não declarativa	Não precisa ser descrita por meio de palavras.		
	De representação perceptual (ou Priming)	Representa imagens sem significado conhecido: memória pré-consciente.	Neocórtex
	De procedimentos	Hábitos, habilidades e regras.	Núcleos da base
	Não associativa	Atenua uma resposta (habituação) ou aumenta-a (sensibilização) através da repetição de um mesmo estímulo.	Vias reflexas e sistema límbico
	Associativa	Associa dois ou mais estímulos (condicionamento clássico), ou um estímulo a uma certa resposta (condicionamento operante).	Respostas emocionais: Amígdala Respostas motoras: Cerebelo
Memória de trabalho	Permite o raciocínio e o planejamento do comportamento.		Lobo frontal

Fonte: adaptada de Lent (2010).

3 ESTRATÉGIAS PARA APRIMORAR A MEMÓRIA

Nos tópicos anteriores, discutimos os processos fundamentais envolvidos no funcionamento da memória, como codificação, consolidação e evocação, além das diferentes estruturas cerebrais que desempenham papéis essenciais nesse mecanismo. Também exploramos a classificação da memória em declarativa e não declarativa, destacando como cada tipo de memória desempenha funções distintas em nosso cotidiano, seja no armazenamento de fatos e eventos ou na execução de habilidades automáticas. Neste tópico, vamos explorar estratégias e práticas eficazes para aprimorar a memória, com foco em como aplicá-las no dia a dia, fortalecendo os processos de consolidação da memória.

3.1 Estratégias mnemônicas

As técnicas utilizadas para melhorar a memória são conhecidas como **estratégias mnemônicas**. Essas estratégias ajudam a tornar as informações mais familiares, facilitando sua recordação. A seguir, detalhamos algumas das principais técnicas mnemônicas que podem ser aplicadas no dia a dia (Paivio, 1971; Sternberg, 2000):

3.1.1 Repetição

A repetição é uma das técnicas mais tradicionais e eficazes para a memorização. Consiste na repetição contínua de uma informação, seja mentalmente ou em voz alta, até que ela seja consolidada na memória de longo prazo. No entanto, a repetição por si só pode ser mais eficaz quando associada a estratégias de conexão. Por exemplo, ao estudar para uma prova, repetir os conceitos-chave e relacioná-los com outros conhecimentos previamente adquiridos ajuda a fortalecer as conexões neurais, facilitando a retenção e compreensão do conteúdo.

3.1.2 Vocalização

A vocalização envolve verbalizar, em voz alta, a informação que se deseja lembrar. Esse método é eficaz porque, ao ouvir a informação, o cérebro processa o conteúdo de forma diferente, reforçando a memorização. Por exemplo, ao guardar um objeto, como chaves, dizer em voz alta: “Estou guardando minhas chaves no bolso da calça” pode ajudar a fixar esse ato na memória e facilitar sua recuperação posteriormente.

3.1.3 Associação

A técnica de associação consiste em ligar uma nova informação a algo que já é familiar. Conectar novas informações com conhecimentos pré-existentes torna essas informações mais significativas e fáceis de lembrar. Por exemplo, ao aprender uma nova palavra em um idioma estrangeiro, você pode associá-la a uma palavra ou imagem que já conhece em sua língua nativa. Além disso, criar imagens mentais ou agrupar informações relacionadas fortalece essas conexões, facilitando a retenção.

3.1.4 Escrita

Escrever a informação que você deseja memorizar ativa várias áreas do cérebro simultaneamente, reforçando a retenção. Você pode escrever fisicamente ou até imaginar que está escrevendo mentalmente. Visualizar as palavras escritas em uma tela mental pode ajudar a fixar o conteúdo. Estudos indicam que a escrita manual é mais eficaz do que a digitação, pois o processo de formar letras à mão cria uma conexão mais profunda entre pensamento e ação.

3.1.5 Palavras relacionadas

Essa técnica envolve associar uma palavra a outra de uma lista previamente memorizada. Formar uma imagem interativa entre as duas palavras cria uma conexão visual, facilitando a recuperação da informação. Essa técnica é útil para lembrar sequências ou listas, pois as associações entre as palavras criam uma rede de memórias interconectadas que reforçam a lembrança de cada item.

3.1.6 Acrônimos

A técnica de acrônimos consiste em criar uma palavra ou expressão onde cada letra representa um conceito, ou palavra distinta. Esse método é útil para lembrar conjuntos de informações em ordem específica. Por exemplo, para lembrar as cores do arco-íris em inglês, o

acrônimo “ROYGBIV” (Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Indigo, Violet) é comumente utilizado. Criar acrônimos personalizados torna a memorização mais eficaz e divertida.

3.1.7 Acrósticos

Diferente dos acrônimos, os acrósticos consistem em criar uma frase onde a primeira letra de cada palavra corresponde a algo que precisa ser lembrado. Essa técnica transforma uma lista de itens desconexos em uma frase coesa e significativa, facilitando a memorização. Por exemplo, para lembrar a sequência dos planetas do sistema solar, a frase “Meu Velho Tem Muitas Joias Sem Utilidade Nenhuma” (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno) pode ser usada.

3.1.8 Palavras-chave

Essa técnica é especialmente útil para aprender idiomas estrangeiros. Ela envolve criar uma imagem interativa que combina o som e o significado de uma palavra estrangeira com uma palavra conhecida em sua língua nativa. Por exemplo, para lembrar a palavra “coche” (carro, em espanhol), você pode associá-la à palavra “coxa” e imaginar um carro em formato de coxa de frango. Embora a imagem seja bizarra, sua singularidade ajuda a fixar a palavra na memória.

3.1.9 Método de Loci

Também conhecido como método de localização, o Método de Loci é uma técnica antiga e eficaz de memorização. Ele consiste em associar informações a locais específicos que você conhece bem, como sua casa. A técnica envolve percorrer mentalmente esses locais e associar cada um deles a uma parte do conteúdo que deseja memorizar. Por exemplo, ao estudar para uma prova de história, você pode associar diferentes cômodos da casa a diferentes períodos históricos. Ao “caminhar” por esses cômodos mentalmente, revisita as informações associadas, facilitando a organização e recuperação da memória.

3.2 Práticas para fortalecer a memória no dia-a-dia

A memória pode ser aprimorada tanto com o uso de estratégias mnemônicas quanto com a adoção de práticas diárias que facilitam a retenção de informações. Enquanto estratégias como repetição, vocalização e o Método de Loci ajudam a criar associações e a fortalecer o processo de memorização, algumas práticas diárias, como o estudo distribuído e o uso de esquemas e mapas mentais, também desempenham um papel crucial. A seguir, apresentamos essas abordagens, que podem ser aplicadas de forma prática no cotidiano para melhorar a memória e o processo de aprendizado.

3.2.1 Prática Distribuída

As memórias tendem a se consolidar de forma mais eficaz quando as sessões de aprendizado são distribuídas ao longo do tempo, um fenômeno conhecido como prática distribuída. Esse efeito é reconhecido há mais de um século, com pesquisas pioneiras realizadas na década de 1960 (Ebbinghaus, 1964; Melton, 1970). Desde então, a prática distribuída tornou-se uma metodologia central nos estudos sobre os processos de aprendizagem, mantendo sua relevância até os dias atuais. Diversos estudos demonstram que a aprendizagem é mais eficaz quando os períodos de estudo são espaçados ao longo do tempo, ou seja, estudar um pouco a cada dia é mais eficiente do que concentrar todo o conteúdo em um único dia (Cepeda et al., 2006; Dulosky et al., 2013; Toppino et al., 2014).

3.2.2 Faça esquemas e mapas conceituais

A utilização de mapas conceituais é uma estratégia eficaz para estruturar informações e organizar ideias. Esses mapas são ferramentas importantes de aprendizagem, por explorarem a memória visual dos leitores e reduzirem a redundância de informações textuais (O'Donnell, 1994). Eles auxiliam nos processos de análise e síntese de conhecimentos e promovem o aprendizado e raciocínio baseados em problemas (Lee et al., 2005), além de favorecer a recuperação do conhecimento (O'Donnell et al., 2002). Uma das principais explicações para a eficácia dessa técnica é que os mapas conceituais codificam as informações em um formato visuoespacial, em vez de verbal, diminuindo a carga cognitiva da tarefa (Robinson et al., 1996, 2002).

3.2.3 Jogos

Os jogos também podem ser uma ferramenta eficaz para exercitar a memória e outras funções cognitivas. O xadrez, por exemplo, auxilia na formação de conceitos mentais, na compreensão de experiências aprendidas (Sosa et al., 2021) e na percepção geométrica (Ferreira & Palhares, 2008). Além disso, devido ao aumento da percepção, orientação espaço-temporal, raciocínio abstrato e pensamento lógico-matemático, alguns autores sugerem que o xadrez pode melhorar o desempenho acadêmico em diversas disciplinas (Tyamur & Vázquez, 1998; Ferreira & Palhares, 2008).

Jogos digitais também se destacam como ferramentas educativas estimulantes para os estudantes (Silva, 2015). Além disso, estudos mostraram que o uso de jogos digitais é eficaz para auxiliar idosos em funções cognitivas, como atenção e memória, além de contribuir para a autoestima e inclusão social (Godoy et al., 2023).

3.2.4 Desafie-se a lembrar

Tentar se lembrar de informações a que fomos expostos anteriormente é uma importante estratégia de estudo, conhecida como prática de lembrar (retrieval practice) ou efeito de testagem (testing effect) (Eukini, 2020). O uso dessa técnica não apenas melhora a retenção de informações a longo prazo (Rowland, 2014), mas também oferece benefícios adicionais, como auxiliar as pessoas a identificar lacunas em seu conhecimento, promovendo uma organização mental mais eficiente dos materiais estudados. Além disso, essa prática auxilia na memorização de conteúdos (Roediger et al., 2011). Estudos demonstram que a prática de lembrar pode ser uma estratégia de memória mais eficaz do que simplesmente reler o material (Agarwal et al., 2014).

3.2.5 Técnica Pomodoro

A Técnica Pomodoro foi desenvolvida no final da década de 1980 por Francesco Cirillo. Essa técnica de gerenciamento de tempo consiste em definir períodos específicos de trabalho, intercalados com intervalos de descanso, permitindo que as tarefas sejam concluídas em um tempo pré-fixado. Estudos demonstraram que essa técnica melhora a qualidade de textos descritivos em alunos do ensino fundamental, reduz a procrastinação em estudantes e aumenta a concentração em atividades complexas (Gobbo & Vaccari, 2008; Golovkova, 2016; Septiani et al., 2020).

RESUMO

- A memória é essencial para todas as atividades diárias, influenciando diretamente nossa personalidade e quem somos. Ela envolve três estágios principais: codificação, consolidação e evocação, que nos permitem lembrar informações, resolver problemas, tomar decisões e realizar tarefas.

- Durante a codificação, informações sensoriais são processadas nos córtices sensoriais e motores, sendo integradas e armazenadas nos córtices associativos. A memória se forma por meio do fortalecimento das conexões sinápticas, um processo influenciado pela regra de Hebb e por mecanismos de plasticidade sináptica, como a potenciação de longa duração (LTP) e a depressão de longa duração (LTD). A consolidação transforma memórias frágeis em mais estáveis, envolvendo mudanças sinápticas e encefálicas, com estruturas como o hipocampo desempenhando um papel crucial. Finalmente, a evocação reativa memórias armazenadas, permitindo que experiências passadas influenciem decisões e comportamentos presentes.
- Existem diferentes tipos de memória, cada um com funções específicas e processados em diversas regiões do encéfalo. As principais categorias temporais da memória humana podem ser divididas em três classes de acordo com seu tempo de retenção, sendo elas: memória sensorial, memória de curto prazo e memória de longo prazo.
- A memória declarativa (ou explícita), que engloba memórias que podemos acessar e verbalizar conscientemente, divide-se em memória episódica e memória semântica. Já a memória não declarativa (ou implícita), que opera de forma inconsciente e automática, inclui várias formas de aprendizado e habilidades, como a memória de representação perceptual (priming) e a memória procedural, que se subdivide em associativa e não associativa.
- A memória de trabalho (ou operacional) refere-se à capacidade de sustentar e manipular conscientemente informações solicitadas pelo ambiente, por períodos que variam de alguns segundos a minutos. Entretanto, diferente da memória de curto prazo, ela requer ensaio e repetição ativa para evitar o esquecimento.
- Diversas estratégias podem ser usadas para fortalecer a memória, incluindo a repetição mental, vocalização, associação de novas informações com conhecimentos prévios, escrita, e o uso de acrônimos, acrósticos, palavras-chave e o método de loci.
- A prática distribuída, que consiste em espaçar o aprendizado ao longo do tempo, é destacada como uma abordagem eficaz para a consolidação da memória. O uso de estratégias como a prática distribuída, a criação de esquemas e mapas mentais, jogos e exercícios de recordação não apenas fortalece a memória, mas também aprimora outras funções cognitivas essenciais para o desempenho cotidiano.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. O hipocampo é responsável por todas as formas de memória, incluindo as habilidades motoras e reflexos. ()
2. O lobo frontal é a principal região cerebral envolvida na memória de trabalho, essencial para o raciocínio e a tomada de decisões. ()
3. A memória de trabalho pode armazenar grandes quantidades de informações por longos períodos, sendo sua principal função o armazenamento passivo. ()
4. A formação de uma memória envolve a modificação das conexões sinápticas entre os neurônios. ()
5. O processo de evocação da memória envolve a reativação de redes neurais específicas ativadas durante a codificação, permitindo o acesso a memórias armazenadas. ()

Respostas:

1. Falso. O hipocampo está relacionado principalmente à formação de memórias declarativas, como fatos e eventos. As memórias motoras e reflexos, que fazem parte da memória não declarativa, são processadas por outras estruturas, como o cerebelo e os núcleos da base (Bear, 2017).
2. Verdadeiro. O lobo frontal, especialmente o córtex pré-frontal, é crucial para a memória operacional ou de trabalho, que sustenta o raciocínio, a tomada de decisões e o planejamento de comportamentos (Lent, 2010).
3. Falso. A memória de trabalho tem capacidade limitada e armazena informações por curtos períodos, sendo sua principal função a manipulação ativa dessas informações para realização de tarefas cognitivas complexas, como planejamento e resolução de problemas (Bear, 2017).
4. Verdadeiro. O fortalecimento das conexões sinápticas, por meio de processos como a LTP (potenciação de longa duração) e a LTD (depressão de longa duração), é fundamental para a formação e consolidação das memórias. Essas modificações ocorrem em resposta a estímulos, sendo responsáveis pela retenção e flexibilidade das informações codificadas no cérebro (Bocchio et al., 2017; Josselyn et al., 2015).
5. Verdadeiro. A evocação da memória depende da reativação de neurônios que compõem o engrama da memória, permitindo o acesso e a utilização do conteúdo previamente armazenado em resposta a estímulos do ambiente (Breedlove & Watson, 2017).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 2: Memória e seu processamento](#)
- Videoaula: [MÓDULO 2: Memória e suas variações](#)
- Videoaula: [MÓDULO 2: Estratégias para aprimorar a memória](#)

MATERIAL COMPLEMENTAR

- Vídeo: [COMO SERIA PERDER A MEMÓRIA?](#)
- Vídeo: [Amnesiac - A história de Henry Molaison \(H.M.\) \[Legendado\]](#)
- Sousa, A. B., & Salgado, T. D. M. (2015). [Memória, aprendizagem, emoções e inteligência](#). *Revista Liberato*, 16(26), 141-152.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). Sistemas de Memória (cap. 24). In *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso* (4th ed.). Artmed.

REFERÊNCIAS

- Agarwal, P. K., D'Antonio, L., Roediger, H. L., McDermott, K. B., & McDaniel, M. A. (2014). Classroom-based programs of retrieval practice reduce middle school and high school students' test anxiety. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3(3), 131–139.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2014.07.002>
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford University Press.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso* (4th ed.). Artmed.
- Bocchio, M., Nabavi, S., & Capogna, M. (2017). Synaptic plasticity, engrams, and network oscillations in amygdala circuits for storage and retrieval of emotional memories. *Neuron*, 94(4), 731-743.
- Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2017). *Behavioral neuroscience* (8th ed.). Oxford University Press.
- Cassini, L. F., Sierra, R. O., Haubrich, J., Crestani, A. P., Santana, F., de Oliveira Alvares, L., & Quillfeldt, J. A. (2013). Memory reconsolidation allows the consolidation of a concomitant weak learning through a synaptic tagging and capture mechanism. *Hippocampus*, 23(10), 931-941.
- Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 354–380.

- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58.
<https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Dudai, Y. (2004). The neurobiology of consolidation, or, how stable is the engram? *Annual Review of Psychology*, 55(1), 51-86.
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Dover.
- Ekuni, R., & Pompeia, S. (2020). Prática de lembrar: A quais fatores os educadores devem se atentar? *Psicologia Escolar e Educacional*, 24, e220284.
- Ferreira, D., & Palhares, P. (2008). Chess and problem solving involving patterns. *The Mathematics Enthusiast*, 5(2), 249-256.
- Godoy, A. S., Caobelli, A. C. S. L., & Argimon, I. I. L. (2023). Uso de jogos eletrônicos relacionados à atenção e memória por idosos. *Revista de Psicologia da IMED*, 15(1), 118-133.
<https://doi.org/10.18256/2175-5027.2023.v15i1.4588>
- Gobbo, F., & Vaccari, M. (2008). The Pomodoro technique for sustainable pace in extreme programming teams. In P. Abrahamsson, R. Baskerville, K. Conboy, B. Fitzgerald, L. Morgan, & X. Wang (Eds.), *Agile processes in software engineering and extreme programming* (Vol. 9, pp. 190–196). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-68255-4_18
- Golovkova, D. V. (2016). Time management as essential skill for successful career in competitive environment. In *Proceedings of the XX International Symposium named after Academician MA Usov of students and young scientists dedicated to the 120th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University* (Vol. 2, pp. 1231-1233). Tomsk.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Wiley.
- Izquierdo, I., Bevilacqua, L. R., Rossato, J. I., Bonini, J. S., Medina, J. H., & Cammarota, M. (2006). Different molecular cascades in different sites of the brain control memory consolidation. *Trends in Neurosciences*, 29(9), 496-505.
- Izquierdo, I., Cammarota, M., Silva, W. C. D., Bevilacqua, L. R., Rossato, J. I., Bonini, J. S., ... & Medina, J. H. (2008). The evidence for hippocampal long-term potentiation as a basis of memory for simple tasks. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80, 115-127.
- Jasnow, A. M., Lynch III, J. F., Gilman, T. L., & Riccio, D. C. (2017). Perspectives on fear generalization and its implications for emotional disorders. *Journal of Neuroscience Research*, 95(3), 821-835.
- Josselyn, S. A., Köhler, S., & Frankland, P. W. (2015). Finding the engram. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(9), 521-534.
- Lee, Y., & Nelson, D. W. (2005). Viewing or visualizing – Which concept map strategy works best on problem-solving performance? *British Journal of Educational Technology*, 36, 193–203.
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência*. Atheneu.
- Lunardi, P., Sachser, R. M., Sierra, R. O., Pedraza, L. K., Medina, C., de la Fuente, V., ... & de Oliveira Alvares, L. (2018). Effects of hippocampal LIMK inhibition on memory acquisition, consolidation, retrieval, reconsolidation, and extinction. *Molecular Neurobiology*, 55, 958-967.
- Marslen-Wilson, W. D., & Teuber, H. L. (1975). Memory for remote events in anterograde amnesia: Recognition of public figures from news photographs. *Neuropsychologia*, 13(3), 353-364.
- Melton, A. W. (1970). The situation with respect to the spacing of repetitions and memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9(5), 596-606.
- O'Donnell, A. M. (1994). Learning from knowledge maps: The effects of map orientation. *Contemporary Educational Psychology*, 19(1), 33–44. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1004>
- O'Donnell, A. M., Dansereau, D. F., & Hall, R. H. (2002). Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing. *Educational Psychology Review*, 14(1), 71-86. <https://doi.org/10.1023/A:1013178204916>
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. Holt, Rinehart & Winston.
- Pedraza, L. K., Sierra, R. O., Boos, F. Z., Haubrich, J., Quillfeldt, J. A., & de Oliveira Alvares, L. (2016). The dynamic nature of systems consolidation: Stress during learning as a switch guiding the rate of the hippocampal dependency and memory quality. *Hippocampus*, 26(3), 362-371.
<https://doi.org/10.1002/hipo.22584>
- Purves, D., et al. (2018). *Neuroscience*. 6th Edition, Sinauer Associates, New York.
- Robinson, D. H., Katayama, A. D., & Fan, A. C. (1996). Evidence for conjoint retention of information encoded from spatial adjunct displays. *Contemporary Educational Psychology*, 21(3), 221–239.
<https://doi.org/10.1006/ceps.1996.0015>
- Robinson, D. H., & Molina, E. (2002). The relative involvement of visual and auditory working memory when studying adjunct displays. *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 118–131.
<https://doi.org/10.1006/ceps.2001.1091>

- Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. A. (2011). Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mestre & B. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation: Cognition in education* (Vol. 55, pp. 1–36). *Academic Press*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00001-6>
- Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432–1463. <https://doi.org/10.1037/a0037559>
- Septiani, W. E., Sulistyaningsih, S., & Syakur, A. (2020). The effectiveness of Pomodoro technique on students' descriptive text writing quality. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 425-435.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.552>
- Silva, E. C. (2015). Mapas conceituais: propostas de aprendizagem e avaliação. *Administração: Ensino e Pesquisa*, 16(4), 785-815. <https://doi.org/10.13058/raep.2015.v16n4.385>
- Sosa, J. J. C., & Aguilar, F. K. M. (2021). Chess, visual memory, and geometric transformations. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education*, 6(4), 299-315.
<https://doi.org/10.23917/jramathedu.v6i4.14531>
- Squire, L. R., Genzel, L., Wixted, J. T., & Morris, R. G. (2015). Memory consolidation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(8), a021766. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021766>
- Sternberg, R. J. (2000). *Psicologia cognitiva* (Vol. 1, pp. 77-108). Piccin.
- Stacho, M., & Manahan-Vaughan, D. (2022). The intriguing contribution of hippocampal long-term depression to spatial learning and long-term memory. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16, 806356.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.806356>
- Toppino, T. C., & Gerbier, E. (2014). About practice. Repetition, spacing, and abstraction. In *Handbook of the Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 60, pp. 123-151). *Elsevier Inc*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800090-8.00004-4>
- Uehara, E., & Landeira-Fernandez, J. (2010). Um panorama sobre o desenvolvimento da memória de trabalho e seus prejuízos no aprendizado escolar. *Ciências & Cognição*, 15(2), 45-58.

Capítulo 3



Sono

Ana Julia Ribeiro

Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

O sono desempenha um papel crucial no funcionamento encefálico, com um terço de nossas vidas sendo dedicado a essa atividade, embora somente um quarto desse tempo seja destinado ao sonho ativo (sonhos vívidos e complexos) (Bear et al., 2017). Além de sua importância para a consolidação da memória e o processamento de informações, a qualidade do sono está diretamente ligada ao desempenho acadêmico, influenciando tanto a capacidade cognitiva quanto a saúde mental (Mishra et al., 2020).

No Brasil, dados do Ministério da Saúde (2023) indicam que 72% da população sofre de problemas relacionados ao sono, que podem estar associados a uma variedade de fatores, incluindo condições clínicas e emocionais. Entre os estudantes universitários, a insatisfação com o sono e os distúrbios relacionados têm se tornado cada vez mais comuns. À medida que enfrentam maiores responsabilidades acadêmicas, uma elevada carga de estudos e inúmeras atividades extracurriculares, a pressão psicológica aumenta, tornando-os mais vulneráveis a problemas de sono (Maciel et al., 2023). Diante desse cenário, este capítulo explorará as bases biológicas e a importância do sono para o funcionamento encefálico e o aprendizado, os efeitos do sono no desempenho acadêmico e na saúde mental, além de oferecer orientações para melhorar a qualidade do sono e promover a saúde mental.

Objetivos de aprendizagem

- Compreender a neurobiologia do sono;
- Analisar como a privação de sono impacta no aprendizado e na saúde mental;
- Identificar estratégias para melhorar a qualidade do sono e promover a saúde mental.

1 NEUROBIOLOGIA DO SONO

O **sono**, ao contrário do que se pensava anteriormente como um processo passivo decorrente da falta de estímulos externos, é um processo ativo e complexo, envolvendo inúmeras regiões encefálicas e processos fisiológicos do organismo (Bear et al., 2017). Neste tópico, abordaremos o funcionamento dos ritmos circadianos, o funcionamento e regulação do ciclo sono-vigília, bem como o ciclo do sono e sua relevância para a atividade encefálica.

1.1 Ritmos circadianos e o ciclo sono-vigília

Os **ritmos circadianos** são ciclos biológicos de aproximadamente 24 horas, também influenciados pelos ciclos diários de luz e escuridão causados pela rotação da Terra. Quase todos os animais terrestres ajustam seu comportamento de acordo com ritmos circadianos, que variam entre as espécies, com alguns animais sendo ativos durante o dia, outros à noite, e alguns ao amanhecer ou anoitecer (Bear et al., 2017). Nos humanos, a sincronização dos ritmos circadianos com o ciclo claro-escuro depende das células ganglionares da retina, que contém um fotopigmento chamado **melanopsina**. Essas células são sensíveis à luz e enviam sinais ao **núcleo supraquiasmático (NSQ)**, no hipotálamo, para ajustar o comportamento conforme a luminosidade. Nos mamíferos, o controle dos ritmos circadianos está centralizado nos olhos, com a melanopsina desempenhando um papel crucial, especialmente em resposta à luz azul, com o maior impacto no sistema circadiano humano (Breedlove & Watson, 2017). Na Figura 1, podemos observar como ocorre a recepção da luz pelo nosso sistema nervoso, e como esta atua na regulação do ritmo circadiano.

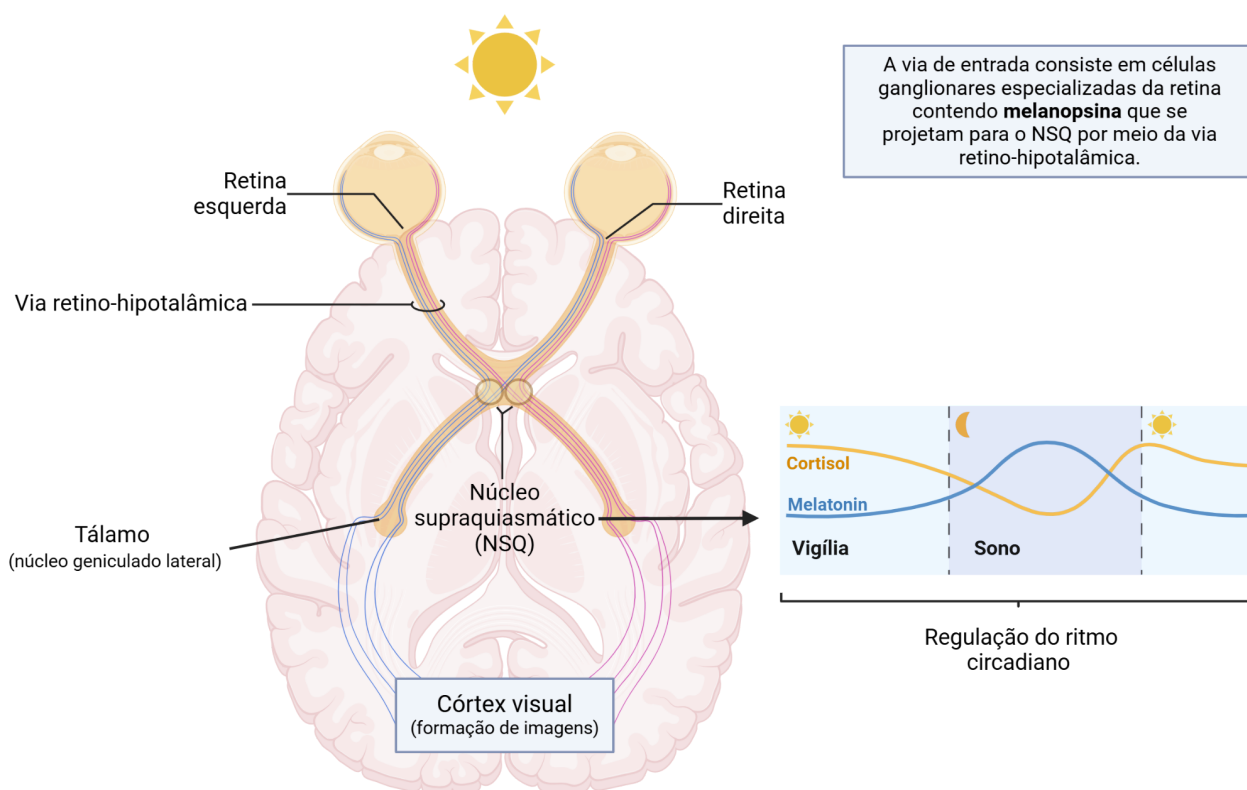


Figura 1. A via retino-hipotalâmica nos mamíferos transmite informações sobre o ciclo claro-escuro do ambiente, captadas pela retina, para o núcleo supraquiasmático (NSQ), que regula o ciclo sono-vigília e o ritmo circadiano. Além disso, do NSQ, essas informações visuais são projetadas para o núcleo geniculado lateral do tálamo e, em seguida, para o córtex visual, onde ocorre a formação de imagens. (Fonte: adaptada de Breedlove & Watson, 2017).

Além do comportamento, muitos processos fisiológicos e bioquímicos também seguem esses ritmos, como a temperatura corporal, fluxo sanguíneo, produção de urina, níveis hormonais, crescimento de pelos e taxas metabólicas. Em humanos, a influência dos ritmos circadianos no ciclo sono-vigília envolve uma relação inversa entre a propensão para dormir e a temperatura corporal, além da liberação em períodos específicos do dia de neurotransmissores reguladores do sono (Bear et al., 2017), alterações que podem ser observadas na Figura 2.

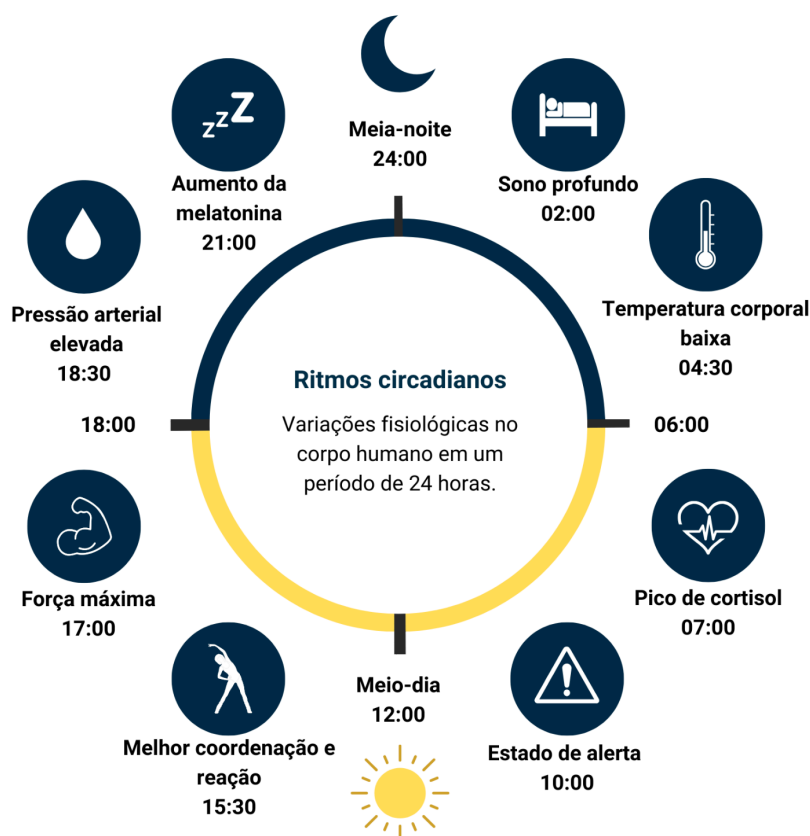


Figura 2. O relógio circadiano e as suas funções primárias relacionadas. Dando ênfase para as principais funções relacionadas ao ciclo sono-vigília, podemos observar um pico de cortisol às 7 horas, relacionado ao despertar do indivíduo, que terá um pico no seu estado de alerta às 10 horas. Às 21 horas, há um aumento na disponibilidade de melatonina, que atua como indutor e mantenedor do sono. Após isso, destaca-se também a redução da temperatura corporal às 4 horas e meia, após um período de sono profundo às 2 horas. (Fonte: adaptada de Maroto-Gómez et al., 2023).

1.2 Fatores que regulam o ciclo sono-vigília

Nesta seção, abordaremos alguns dos fatores responsáveis por regular o ciclo sono-vigília, divididos em fatores exógenos (externos) e endógenos (internos). Os **fatores exógenos** referem-se a elementos externos que influenciam o ritmo circadiano, com destaque para a exposição à luz e para os fatores sociais, que serão detalhados a seguir. Já os **fatores endógenos** incluem substâncias químicas, como a melatonina, a adenosina e o cortisol, além dos genes relógios (que serão descritos no tópico 1.3).

1.2.1 Fatores exógenos: zeitgebers

O conceito de **zeitgeber** ("doador de tempo"), que se refere a fatores externos que sincronizam o ritmo circadiano com o ciclo de 24 horas do ambiente, é fundamental para a regulação do ciclo sono-vigília. O principal zeitgeber é a luz solar, que atua diretamente sobre o núcleo supraquiasmático (NSQ) do hipotálamo, ajustando o relógio biológico interno (tópico 1.1). No entanto, outros fatores ambientais também

Assista ao vídeo "**Como se sentir energizado e dormir melhor com uma atividade matinal**" do Dr. Andrew Huberman para compreender a importância da exposição à luz solar e aprender uma técnica para melhorar sua qualidade do sono:

[How to Feel Energized & Sleep ...](#)

desempenham um papel importante na modulação dos ritmos circadianos, incluindo temperatura, alimentação, e especialmente, os chamados **zeitgebers** sociais (Korczak et al., 2008).

Os **zeitgebers** **sociais** referem-se a estímulos sociais e comportamentais que ajudam a sincronizar o ritmo circadiano, como horários de trabalho, rotinas de alimentação e interações sociais. Durante períodos de atividades regulares, como o ano letivo ou horários fixos de trabalho, esses estímulos sociais forçam os indivíduos a despertar e dormir em horários específicos, ajudando a alinhar os ritmos biológicos com as demandas sociais. O impacto desses estímulos varia entre os indivíduos de acordo com seus cronotipos, ou seja, suas predisposições naturais para ser mais ativo pela manhã (matutino) ou à noite (vespertino) (Korczak et al., 2008).

Pessoas com **cronotipos** diferentes reagem de maneira distinta aos **zeitgebers** sociais. Indivíduos matutinos tendem a sincronizar melhor seus ritmos circadianos com as obrigações sociais, como horários de trabalho ou aulas matinais, enquanto os vespertinos sofrem frequentemente de um desalinhamento crônico entre seu relógio biológico e as exigências sociais. Isso pode resultar no chamado **“jet lag social”**, uma condição em que há um descompasso entre o ciclo biológico interno e o horário social. Este desalinhamento é frequentemente associado a uma pior qualidade do sono, fadiga diurna e aumento do risco de transtornos, como depressão e ansiedade (Otsuki et al., 2022).

Nesse sentido, os **zeitgebers** sociais desempenham um papel crucial na saúde geral dos indivíduos. Estudos mostram que a exposição regular a estímulos sociais, como manter uma rotina estruturada de trabalho, atividades físicas e alimentação, ajuda a estabilizar o ritmo circadiano, melhorando a qualidade do sono e reduzindo o risco de distúrbios relacionados ao ciclo circadiano. Por outro lado, a perda desses estímulos, como foi observado durante o isolamento social na pandemia, pode desregular o ciclo biológico, resultando em impactos negativos na saúde mental e física (Otsuki et al., 2022).

1.2.2 Fatores endógenos: melatonina, adenosina e cortisol

A regulação do ciclo sono-vigília é mediada por fatores como a **melatonina**, a **adenosina** e o **cortisol**, que desempenham papéis cruciais na modulação dos ritmos circadianos e na homeostase do sono. A melatonina, conhecida como o hormônio do sono, é produzida e secretada pela glândula pineal em resposta à escuridão, ajudando a iniciar e manter o sono. Por sua vez, a adenosina acumula-se no encéfalo durante o período de vigília, atuando como um sinalizador de fadiga e promovendo o início do sono (Lent, 2010). Adicionalmente, o cortisol atinge seu pico no início da manhã, logo antes do despertar, causando comportamentos relacionados ao aumento do estado de alerta e excitação (Maroto-Gómez et al., 2023). A seguir descreveremos melhor cada fator e atitudes que tomamos ao longo do dia que afetam a ação destes.

A **melatonina**, um neuro-hormônio que também atua como neurotransmissor, anteriormente vista apenas como um indutor do sono, apresenta uma atividade fisiológica mais complexa. Recentemente, o uso da melatonina como suplemento aumentou, abrangendo novos campos

Neurotransmissores: São substâncias químicas liberadas pelos neurônios para transmitir sinais entre neurônios. Eles podem ser excitatórios ou inibitórios, agindo rapidamente em áreas localizadas. Exemplos incluem dopamina, serotonina e GABA.

Neuro-hormônios: São hormônios produzidos por neurônios e liberados na corrente sanguínea para regular funções no corpo, como metabolismo e comportamento social. Exemplos incluem a vasopressina e a oxitocina. Os neuro-hormônios atuam em alvos distantes e seus efeitos são mais duradouros, podendo também atuar como neurotransmissores.

Hormônios: São substâncias químicas produzidas por glândulas endócrinas, liberadas no sangue para regular funções corporais como o crescimento, metabolismo e reprodução. Exemplos incluem a insulina e o cortisol. Hormônios têm ação sistêmica e de longa duração, podendo também atuar como neurotransmissor.

além do auxílio ao sono, frequentemente indiscriminadamente e por autoprescrição, levantando preocupações sobre segurança e efeitos adversos. Esses efeitos adversos podem incluir fadiga, alterações de humor e redução do desempenho psicomotor. No geral, a suplementação de melatonina tem um perfil de segurança favorável. No entanto, seu uso indiscriminado e sem acompanhamento profissional pode desregular sua liberação natural, prejudicando o ciclo do sono. Portanto, é essencial evitar o uso sem prescrição e buscar a orientação de um profissional para garantir o uso correto desta substância (Foley & Steel, 2019).

A **adenosina**, utilizada pelas células na construção de DNA, RNA e trifosfato de adenosina (ATP), atua também como neurotransmissor no encéfalo. Seus níveis aumentam durante a vigília e a privação de sono, caindo gradualmente durante o sono. A adenosina promove o sono ao inibir sistemas modulatórios que mantêm a vigília. Antagonistas dos receptores de adenosina, como cafeína e teofilina, são usados frequentemente pela maioria de nós para nos manter acordados, sendo comuns em bebidas como café, chá e refrigerantes de cola. Em contraste, a administração de adenosina ou de seus agonistas promove o sono (Bear et al., 2017).

Por fim, outro fator para a regulação do ciclo sono-vigília é o **cortisol**, um hormônio que desempenha um papel fundamental na regulação do estresse e na ativação do organismo. Seus níveis começam a aumentar nas horas que antecedem o amanhecer, atingindo o pico logo após o despertar, preparando o corpo para iniciar o dia. Esse aumento matinal do cortisol está diretamente relacionado à sincronização dos ritmos circadianos, sendo influenciado pela exposição à luz. A luz da manhã desempenha um papel essencial nesse processo, ajudando a manter um ciclo sono-vigília saudável, ao promover a liberação controlada de cortisol ao longo do dia.

Quando esse ciclo é desregulado, seja por exposição à luz artificial à noite ou por outros fatores, como o estresse crônico, os níveis de cortisol podem permanecer elevados em momentos inadequados, prejudicando tanto o sono quanto a resposta ao estresse. Isso pode resultar em distúrbios do sono, como insônia, além de afetar o equilíbrio geral dos ritmos biológicos que dependem do cortisol para uma função estável e previsível ao longo das 24 horas do dia (Fortunato et al., 2005).

1.3 Ritmos biológicos e a memória

Como vimos anteriormente, o **ritmo circadiano** (ritmo biológico de aproximadamente 24 horas) é essencial para a regulação de diversos processos fisiológicos, incluindo o sono, a secreção hormonal e o metabolismo. Recentemente, pesquisas mostram que esses ritmos também desempenham um papel crucial na memória e na plasticidade neural, afetando diretamente a capacidade do encéfalo de aprender e armazenar informações (Albrecht, 2011; Hartsock et al., 2021). Nesta seção, abordaremos a relação entre o ritmo circadiano e a memória, e como os genes-relógios impactam na regulação desses processos.

1.3.1 Genes relógios

Os **genes relógios**, como **Per1**, **Per2**, **Clock** e **Bmal1**, desempenham um papel essencial na regulação dos ritmos circadianos, controlando tanto o ciclo sono-vigília quanto processos fundamentais para a neuroplasticidade em áreas cerebrais como o **hipocampo**, vital para a formação de memórias declarativas. Esses genes apresentam uma expressão rítmica em várias regiões do encéfalo, como o **córtex pré-frontal** e a **amígdala**, influenciando diretamente a **plasticidade sináptica** (a capacidade de adaptação das conexões entre neurônios) e a **neurogênese** (criação de novos neurônios) (Albrecht, 2011; Hartsock et al., 2021).

Quando o ritmo circadiano é perturbado, seja por jet lag ou por turnos de trabalho noturno, a memória pode ser significativamente afetada. Estudos em humanos e animais indicam que a desregulação desse ritmo prejudica a memória, especialmente em tarefas que exigem a lembrança de contextos (como identificar a origem de uma memória) e a localização espacial (lembrar detalhes de um ambiente) (Albrecht, 2011). Mutações nos genes relógios podem afetar o funcionamento do hipocampo, uma estrutura que depende de oscilações circadianas para consolidar memórias de maneira eficiente. Quando esses ritmos são interrompidos, como em casos de privação de sono ou mudanças bruscas de fuso horário, o desempenho em tarefas de memória pode ser comprometido (Hartsock et al., 2021).

Outro exemplo de como esses genes afetam a memória envolve o **Per2**, que regula os níveis de **glutamato** extracelular no **núcleo accumbens**, uma região associada ao sistema de recompensa e à memória emocional. O glutamato, principal neurotransmissor excitatório no encéfalo, tem sua eficácia influenciada pelo ritmo circadiano, o que sugere que certos momentos do dia são mais propícios para a aprendizagem e a comunicação entre os neurônios. Adicionalmente, mutações em genes como **Clock** e **Per1** alteram a resposta dos neurônios a estímulos de reforço, como alimentos ou drogas, mostrando a forte conexão entre o ritmo circadiano, o sistema de recompensa e os mecanismos de memória (Albrecht, 2011; Hartsock et al., 2021). Indivíduos com desregulações nesses genes podem apresentar maior dificuldade em resistir a comportamentos compulsivos, como o uso de substâncias, já que o sistema de recompensa não responde adequadamente ao ritmo biológico natural. Isso demonstra como o ritmo circadiano influencia tanto a memória emocional quanto os comportamentos relacionados ao prazer e reforço.

1.3.2 Neuroplasticidade e Metaplasticidade

A **neuroplasticidade** é a capacidade do encéfalo de mudar e se adaptar em resposta a experiências, sendo crucial para processos como o aprendizado e a memória. Um exemplo disso é a **potenciação de longo prazo (LTP)**, um mecanismo pelo qual as conexões entre os neurônios se fortalecem após estímulos repetidos, facilitando a consolidação de novas memórias (como descrito de forma mais aprofundada no capítulo 2). Contudo, a neuroplasticidade não ocorre de maneira fixa. Ela pode ser modulada pela **metaplasticidade**, que se refere à “plasticidade da plasticidade”. Isso significa que a capacidade de as sinapses se alterarem no futuro depende de como elas foram ativadas anteriormente e das condições celulares no momento. Imagine que o encéfalo, assim como um músculo, responde de forma diferente a novos estímulos dependendo de sua “preparação” prévia. Se uma sinapse foi altamente estimulada em um dado momento, sua sensibilidade para futuras alterações será ajustada.

Os ritmos circadianos desempenham um papel crucial nesse processo. Ao longo do dia, processos biológicos ajustam a receptividade dos neurônios para que eles fiquem mais ou menos propensos a formar novas conexões. Moléculas como o cálcio e os receptores AMPA de glutamato, essenciais para a LTP, mostram variações circadianas em sua disponibilidade e eficácia. Um exemplo prático é que a memorização de um conteúdo pode ser mais eficiente em certas horas do dia, quando essas moléculas estão em um estado de maior “prontidão” (Hartsock et al., 2021).

Além disso, o conceito de metaplasticidade interativa vai além e sugere que a neuroplasticidade é modulada por ritmos biológicos em diferentes escalas de tempo, como os **ritmos infradianos** (maiores que 24 horas), **circadianos** (ciclos de 24 horas) e **ultradianos** (mais curtos que 24 horas) (Figura 3). Isso cria “janelas de oportunidade” ao longo do dia, momentos ideais para o aprendizado e a formação de memórias. Por exemplo, um estudante pode perceber que sua capacidade de concentração e retenção é melhor no início da manhã ou à noite,

dependendo de como seu ritmo biológico está ajustado (Hartsock et al., 2021). Portanto, tanto a neuroplasticidade quanto a metaplasticidade são processos dinâmicos, ajustados constantemente por fatores internos e externos, como o ritmo circadiano, que influencia diretamente nossa capacidade de aprender e memorizar.

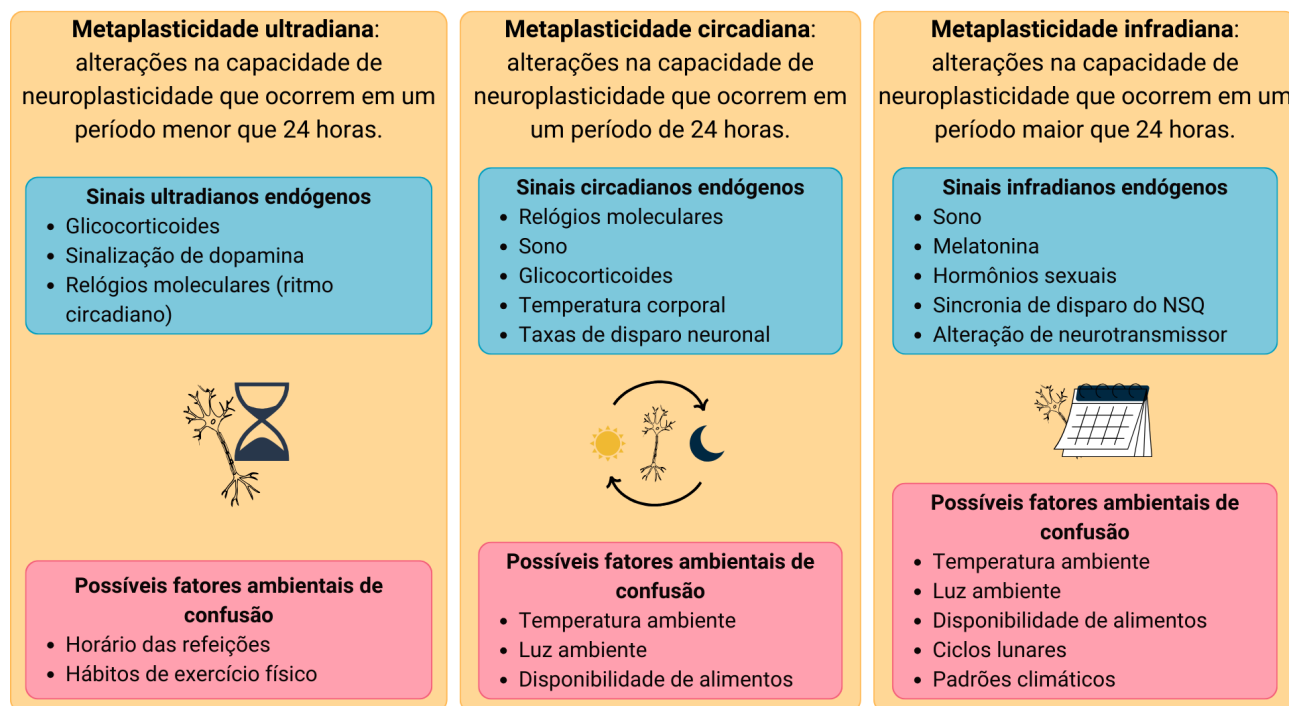


Figura 3. Representação dos mecanismos de metaplasticidade ultradiana, circadiana e infradiana. A metaplasticidade refere-se à capacidade de modulação da neuroplasticidade, que ocorre em diferentes escalas temporais. No primeiro painel (acima), os sinais ultradianos endógenos (gerados internamente pelo organismo) ocorrem em períodos menores que 24 horas e influenciados por fatores como glicocorticoides e a sinalização de dopamina, com possíveis fatores ambientais de confusão, como o horário das refeições e hábitos de exercício físico. No segundo painel (meio), os sinais circadianos endógenos (ciclos de aproximadamente 24 horas) incluem variações em relógios moleculares e na temperatura corporal, podendo ser confundidos por fatores ambientais como a luz e a temperatura ambiente. No terceiro painel (abaixo), os sinais infradianos endógenos (períodos maiores que 24 horas) são regulados por fatores como hormônios sexuais, melatonina e sincronia do disparo no núcleo supraquiasmático (NSQ) enquanto fatores endógenos como padrões climáticos e ciclos lunares podem influenciar a metaplasticidade (Fonte: adaptado de Hartsock et al., 2021).

1.4 Ciclo do sono

O sono é um processo complexo composto por diferentes estágios, cada um desempenhando funções específicas no funcionamento encefálico. Ao iniciar o sono, passamos pelo sono **NREM (Non-Rapid Eye Movement)**, que se divide em quatro estágios, do 1 ao 4, refletindo a profundidade crescente do sono. Os estágios 3 e 4 do sono, também chamados de sono de ondas lentas, desempenham um papel crucial na restauração física do corpo. Durante esses estágios, há um aumento significativo na liberação do hormônio do crescimento, essencial para a reparação de tecidos, regeneração celular e fortalecimento do sistema imunológico. Durante o sono NREM, o cérebro também desempenha um papel crucial na organização e armazenamento de informações essenciais para o aprendizado e a memória. Já no sono **REM (Rapid Eye Movement)**, ocorre uma atividade encefálica intensa, semelhante à vigília. É nesse estágio que os sonhos vívidos acontecem, e essa dinâmica encefálica contribui significativamente para a plasticidade sináptica e a aprendizagem (Lent, 2010; Spencer, 2013).

Assista aos vídeos abaixo para uma breve explicação da **função dos sonhos**:

- Vídeo “The surprising health benefits of dreaming”
[▶ The surprising health...](#)
- Vídeo “Lucid Dreaming & Overcoming Nightmares”
[▶ Lucid Dreaming & O...](#)

O sono começa normalmente com um período de sono NREM, que representa cerca de 75% do tempo total de sono, enquanto os 25% restantes são passados no sono REM. Durante a noite, passamos por ciclos regulares entre esses estágios a cada 90 minutos. Esses ciclos, conhecidos como **ritmos ultradianos** (menores que 24 horas), são mais rápidos que os **ritmos circadianos**. O encéfalo passa repetidamente pelos 4 estágios do sono NREM e sono REM ao longo da noite, proporcionando uma sequência de atividades fisiológicas variadas, como apresentado na Figura 4 (Bear et al., 2017).

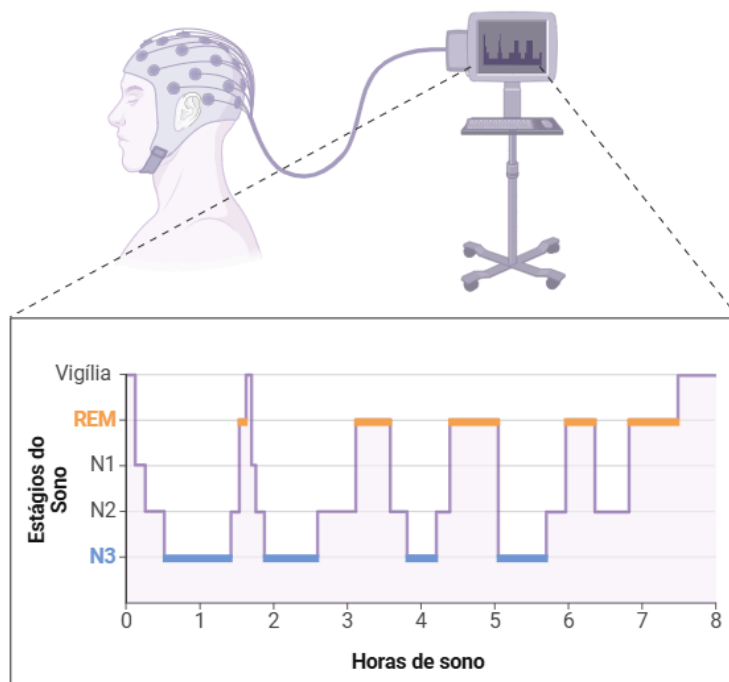


Figura 4. O gráfico do eletroencefalograma (EEG) apresenta a atividade encefálica ao longo do período de sono. O gráfico inicia o ciclo do sono com a transição da vigília para o estágio 1 do sono NREM e avança para os estágios mais profundos. Em seguida, atingimos o sono REM, que possui atividade encefálica próxima à vigília. A cada ciclo, os períodos de sono NREM se tornam mais curtos e menos profundos, enquanto os períodos de sono REM ficam mais longos (Fonte: adaptada de Bear et al., 2017).

2 COMO O SONO ESTÁ RELACIONADO COM A APRENDIZAGEM E A SAÚDE MENTAL?

Compreender as bases biológicas do sono nos permite visualizar os possíveis efeitos que os processos fisiológicos têm sobre o comportamento humano. Neste tópico, sintetizaremos alguns achados recentes sobre o impacto do sono na aprendizagem e na saúde mental dos estudantes.

2.1 Sono e aprendizagem

Durante o sono, ocorrem processos neurofisiológicos fundamentais para o aprendizado, como a reorganização das conexões sinápticas, responsáveis pela comunicação entre os neurônios no encéfalo. Esse fortalecimento ou enfraquecimento das conexões é essencial para a consolidação da memória e a aprendizagem. O sono também facilita a transferência de informações da memória de curto prazo para a de longo prazo, crucial para a retenção de conhecimento e formação de memórias duradouras. A privação de sono, por outro lado, prejudica a plasticidade encefálica, afetando a capacidade de adaptação do encéfalo e a formação de novas conexões neurais, impactando diretamente o aprendizado (Spencer, 2013).

Durante a **adolescência**, ocorre uma **alteração nos ritmos circadianos**, fazendo com que os adolescentes sintam-se mais cansados durante as primeiras horas da manhã. Nessa fase, hábitos de sono não saudáveis podem afetar os circuitos cerebrais relacionados à **tomada de decisão, resolução de problemas e cognição social**. Esses circuitos passam por processos de reorganização e maturação durante a adolescência, tornando-se **vulneráveis a restrições de sono** ou a sono de má qualidade (Brooks et al., 2021).

Entretanto, a privação de sono é comum entre estudantes universitários e pode ter sérias consequências na cognição e no desempenho acadêmico. O sono inadequado prejudica habilidades cognitivas, como atenção, memória de trabalho e tomada de decisões, dificultando a concentração durante as aulas, a retenção de informações e a precisão nas decisões acadêmicas (Datta et al., 2018; Mishra et al., 2020).

Estudos recentes em ambientes escolares sugerem que sonecas após as aulas podem melhorar a retenção de conteúdo. Um estudo de Cabral et al. (2018) avaliaram estudantes brasileiros do 5º ano e encontraram uma melhoria significativa na retenção de conteúdo curricular em alunos que tiraram sonecas longas (mais de 30 minutos) após a aula, em comparação com aqueles que não descansaram ou tiraram sonecas mais curtas. Este estudo mostrou que sonecas de 30 a 60 minutos podem aumentar a retenção de informações em cerca de 10%, sugerindo que sonecas pós-aula podem ser uma estratégia eficaz para melhorar a aprendizagem em sala de aula. Outro estudo de Lemos et al. (2014), com estudantes brasileiros de 10 a 15 anos, observou que os estudantes que tiravam uma soneca de até 2 horas após a aula mantinham melhor o que aprenderam por até 5 dias, enquanto aqueles que não tiraram uma soneca mostraram uma queda significativa na retenção de memória. Mesmo com sonecas mais curtas, de 50 minutos, os alunos que descansaram se saíram melhor nos testes subsequentes. Esses resultados sugerem que as sonecas podem tornar a memória mais resistente ao esquecimento, prolongando a retenção do conteúdo aprendido na escola.

2.2 Sono e saúde mental

A entrada na graduação traz diversos desafios no âmbito acadêmico, nas relações interpessoais e nas escolhas profissionais. Durante a adolescência, sintomas como depressão, ansiedade e estresse tendem a aumentar, atingindo seu ápice por volta dos 25 anos (Kessler et al., 2007), tornando os estudantes de graduação especialmente vulneráveis. O sono desempenha um papel crucial na saúde mental, e a falta ou desregulação do sono pode contribuir significativamente para o desenvolvimento e manutenção de transtornos mentais. Estudos demonstram que distúrbios do sono, como insônia e problemas no ritmo circadiano, estão fortemente associados a diversas condições de saúde mental, incluindo depressão, ansiedade e transtornos bipolares. A insônia, por exemplo, não apenas ocorre com frequência nesses transtornos, mas também pode prever a ocorrência futura de problemas de saúde mental (Chen & Chen, 2019; Harvey, 2022). O sono e a saúde mental apresentam uma relação bidirecional. Enquanto problemas de sono podem aumentar a vulnerabilidade a transtornos mentais, esses transtornos também podem exacerbar os distúrbios do sono. Um sono de má qualidade ou insuficiente afeta a regulação emocional e cognitiva, levando a sintomas como irritabilidade, dificuldade de concentração e, em casos mais graves, um aumento no risco de suicídio. Portanto, uma abordagem terapêutica que inclua o tratamento do sono é essencial para melhorar os resultados de saúde mental (Harvey, 2022).

3 ESTRATÉGIAS PARA MELHORAR A QUALIDADE DO SONO

Para promover a qualidade do sono e, consequentemente, a saúde mental, é fundamental adotar hábitos saudáveis de sono. Segundo a National Sleep Foundation (Hirshkowitz et al., 2015), o tempo de sono ideal para um adulto jovem varia de 7 a 9 horas por dia, enquanto adolescentes precisam de 8 a 10 horas, embora essa necessidade possa variar de indivíduo para indivíduo. Neste tópico, discutiremos os principais sinais e sintomas dos distúrbios do sono que requerem atenção e exploraremos práticas que podem ser adotadas para melhorar a qualidade do sono.

Estudos indicam que, em média, **as mulheres tendem a precisar de mais sono do que os homens**. Essas diferenças podem estar associadas a **variações hormonais** ao longo do ciclo menstrual, gestação e menopausa, que influenciam a qualidade do sono e **aumentam a propensão a distúrbios como a insônia**. Além disso, as mulheres são mais propensas a relatar sono não restaurador e fadiga diurna (Mallampalli & Carter, 2014).

3.1 Distúrbios do sono

Distúrbios do sono, como o ronco, apneia do sono e a insônia, são prevalentes na população com implicações significativas para a saúde. O **ronco**, causado pela vibração dos tecidos da via aérea superior, pode estar associado a condições mais graves, como a apneia do sono. Esta última é caracterizada por interrupções na respiração durante o sono, que podem levar a fragmentação do sono e quedas nos níveis de oxigênio, resultando em sintomas como sonolência diurna, dores de cabeça matinais e irritabilidade. A apneia do sono, no Brasil atinge aproximadamente 33% da população, podendo afetar pessoas de todas as idades, mas é mais comum em homens, mulheres na menopausa e idosos, e está associada a riscos aumentados de problemas de saúde, incluindo déficit de atenção, obesidade, depressão, e doenças cardiovasculares.

A **insônia** é caracterizada pela dificuldade de adormecer, manter o sono ou pelo despertar precoce, frequentemente acompanhada por sono não restaurador e prejuízos na funcionalidade diurna, como problemas de memória, concentração, irritabilidade, fadiga e sonolência diurna. Este distúrbio pode ser agudo, durando alguns dias e geralmente associado a estresse ou mudanças de hábitos, ou crônico, quando os sintomas ocorrem pelo menos três vezes por semana durante mais de três meses, com impactos significativos na saúde. A insônia crônica também está associada a um maior risco de hipertensão, diabetes e depressão. Em conjunto, esses distúrbios do sono podem afetar até 80% da população brasileira, trazendo prejuízos à saúde física e mental.

As principais queixas que podem indicar um distúrbio do sono incluem:

- Dificuldade constante para iniciar ou manter o sono;
- Sonolência excessiva durante o dia, fadiga ou falta de energia, com dificuldades de atenção, concentração e memória;
- Comportamentos anormais durante o sono, como falar, chutar ou gritar;
- Comer descontroladamente à noite;
- Aumento na frequência de erros e acidentes;
- Despertar com falta de ar, roncos, ou apneias;
- Alterações no humor, como irritabilidade e depressão;
- Sensações desconfortáveis nas pernas ao tentar dormir;
- Comportamentos impulsivos ou agressivos;
- Prejuízo no desempenho ocupacional ou social;
- Ranger dos dentes, acordar com dor de cabeça ou desconforto na mandíbula.

Se você experimentar algum desses sintomas regularmente, busque a avaliação de um profissional.

3.2 Hábitos saudáveis de sono

Com base no que vimos até agora, podemos concluir que estabelecer hábitos saudáveis de sono é fundamental para melhorar o desempenho acadêmico, a saúde mental e o bem-estar geral. A Tabela 1 sintetiza orientações de estudos científicos e da *National Sleep Foundation*, que oferecem práticas recomendadas para melhorar a qualidade do sono.

Tabela 1. Práticas recomendadas para melhorar a qualidade do sono.

1. Estabelecer uma rotina de sono	• A consistência nos horários de sono está associada a uma melhor qualidade de sono e menor incidência de distúrbios do sono (Hirshkowitz et al., 2015). • Limite os cochilos diurnos para não afetar o sono noturno. • Lembre-se que as sonecas após o horário das aulas podem auxiliar na retenção da memória (conforme citado no tópico 2.1).
2. Criar um ambiente propício para dormir	• Um ambiente silencioso, escuro e com temperatura adequada é fundamental para um bom sono. • Não permaneça na cama se não estiver com sono. Caso fique acordado por muito tempo, saia do quarto e vá para um local tranquilo até sentir sono novamente antes de voltar para a cama; • Limite o tempo na cama para corresponder ao tempo real de sono. Se você dorme 7 horas, fique na cama por no máximo 7 horas e meia; • Relembre a importância da exposição à luz solar pela manhã para regular o sono (vídeo disponível no material complementar).
3. Limitar o uso de dispositivos eletrônicos	• O uso de dispositivos eletrônicos antes de dormir pode prejudicar a qualidade do sono devido à emissão de luz artificial, que suprime a produção de melatonina. • Recomenda-se evitar o uso de smartphones, tablets e computadores pelo menos uma hora antes de dormir (Chang et al., 2015).
4. Praticar atividade física regularmente	• A prática regular de exercícios físicos está associada a uma melhor qualidade do sono. No entanto, evite exercícios intensos nas horas que antecedem o sono, por poderem ter um efeito estimulante (Kredlow et al., 2015).
5. Adotar técnicas de relaxamento	• Técnicas como meditação, mindfulness e respiração profunda podem ajudar a reduzir o estresse e a ansiedade, melhorando a qualidade do sono (Balban et al., 2023). • Reserve um tempo pela manhã para refletir sobre preocupações noturnas; • Evite discussões e argumentos antes de dormir.
6. Evitar cafeína e álcool antes de dormir	• A cafeína e o álcool podem interferir na qualidade do sono. A cafeína é um estimulante que pode dificultar o adormecimento, enquanto o álcool, embora induza o sono inicialmente, pode causar despertares frequentes durante a noite (Ebrahim et al., 2013).

Essas práticas, quando adotadas em conjunto, podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do sono. Apesar do aumento do uso de medicamentos e suplementos para o sono, é recomendada também a mudança de comportamentos e crenças relacionadas ao sono para alcançar uma melhora efetiva. Se você suspeitar que a quantidade de sono não está atendendo às suas necessidades, consulte um profissional da saúde para avaliar possíveis problemas que possam estar impactando sua vida.

RESUMO

- O sono é um processo ativo regulado pelos ritmos circadianos, que seguem um ciclo de 24 horas influenciado pela luz e pela escuridão. O núcleo supraquiasmático (NSQ), localizado no hipotálamo, desempenha um papel fundamental na sincronização dos ritmos circadianos com o ciclo claro-escuro.
- Os zeitgebers são fatores externos que sincronizam o ritmo circadiano com o ambiente, e incluem a exposição a luz solar, temperatura, horários de alimentação e interações sociais. Esses estímulos ajudam a alinhar os ritmos biológicos com as atividades diárias, como trabalho e estudos. A falta de exposição a esses fatores, como durante o isolamento social, pode desregular o ciclo biológico e prejudicar a qualidade do sono e a saúde mental.
- Substâncias internas como melatonina, adenosina e cortisol são essenciais para o ciclo sono-vigília. A melatonina ajuda a iniciar o sono, a adenosina promove a fadiga ao longo do dia, e o cortisol, que atinge o pico pela manhã, regula o estado de alerta. Esses ritmos também influenciam a memória e a plasticidade neural, com genes como Per1, Per2 e Clock sendo fundamentais para o hipocampo, que consolida memórias. A desregulação desses ritmos prejudica a capacidade de aprendizado.
- O sono divide-se em NREM, essencial para a recuperação física, e REM, importante para o aprendizado e a plasticidade sináptica. Durante o sono, as memórias são consolidadas, transferindo informações de curto para longo prazo. A privação de sono enfraquece essas conexões, dificultando a retenção de informações. Sonecas de 30 a 60 minutos após as aulas podem melhorar a retenção e o aprendizado.
- A privação ou má qualidade do sono pode causar transtornos mentais como depressão e ansiedade, e a relação entre sono e saúde mental é bidirecional. Problemas de sono aumentam a vulnerabilidade a distúrbios mentais, e estes podem agravar a qualidade do sono.
- Manter uma rotina regular de sono, evitar eletrônicos antes de dormir, e ter um ambiente propício (silencioso, escuro e fresco) melhora a qualidade do sono. Exercícios regulares ajudam, mas devem ser evitados antes de dormir. Técnicas de relaxamento, como meditação, reduzem o estresse, enquanto evitar cafeína e álcool melhora o sono.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. A sincronização dos ritmos circadianos com o ciclo claro-escuro em humanos é mediada exclusivamente pela glândula pineal. ()
2. O uso indiscriminado de suplementos de melatonina pode desregular sua liberação natural e prejudicar o ciclo do sono. ()
3. A prática de exercícios físicos intensos logo antes de dormir melhora a qualidade do sono, ao ajudar a gastar energia acumulada. ()
4. A exposição à luz azul pela manhã é essencial para regular os níveis de cortisol e sincronizar os ritmos circadianos. ()
5. O sono facilita a transferência de informações da memória de curto prazo para a de longo prazo, sendo crucial para a formação de memórias duradouras. ()

Respostas:

1. Falso. A sincronização dos ritmos circadianos com o ciclo claro-escuro em humanos é mediada principalmente pelas células ganglionares da retina que contêm melanopsina, um fotopigmento sensível à luz, especialmente à luz azul. Essas células enviam sinais ao núcleo supraquiasmático (NSQ) no hipotálamo, que então ajusta os ritmos circadianos. A glândula pineal é responsável pela secreção de melatonina, que ajuda a regular o sono, mas não é o único órgão envolvido na sincronização com o ciclo claro-escuro (Breedlove & Watson, 2017).
2. Verdadeiro. Embora a melatonina tenha um perfil de segurança favorável, seu uso indiscriminado e sem acompanhamento profissional pode desregular a liberação natural do hormônio pela glândula pineal, prejudicando o ciclo do sono. Isso pode levar a efeitos adversos, como fadiga, alterações de humor e diminuição do desempenho psicomotor, destacando a importância do uso controlado e com orientação médica (Foley & Steel, 2019).
3. Falso. Exercícios físicos intensos realizados logo antes de dormir podem ter um efeito estimulante, dificultando o adormecimento e prejudicando a qualidade do sono. É recomendado evitar atividades físicas intensas nas horas que antecedem o sono para permitir que o corpo relaxe adequadamente (Kredlow et al., 2015).
4. Verdadeiro. A exposição à luz azul, a qual é emitida pelo sol, pela manhã, é crucial para a regulação dos níveis de cortisol, que atinge seu pico logo após o amanhecer. Essa exposição ajuda a sincronizar os ritmos circadianos, promovendo um ciclo de sono-vigília regular (Fortunato et al., 2005; Breedlove & Watson, 2017).
5. Verdadeiro. Durante o sono, ocorre a consolidação da memória, um processo pelo qual as informações armazenadas na memória de curto prazo são transferidas para a memória de longo prazo. Esse processo é fundamental para a formação de memórias duradouras e a retenção de conhecimento aprendido (Spencer, 2013).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 3: Bases biológicas do sono](#)
- Videoaula: [MÓDULO 3: Impacto do sono no desenvolvimento acadêmico e na saúde mental](#)
- Videoaula: [MÓDULO 3: Estratégias para melhorar a qualidade do sono](#)

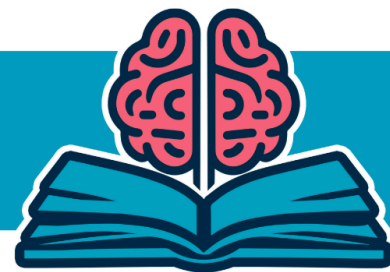
MATERIAL COMPLEMENTAR

- [Cartilha da Semana do Sono de 2024](#)
- Série de vídeos: [Sleeping with Science, a TED series](#)
- Vídeo:  [The surprising health benefits of dreaming | Sleeping with Science](#)
- Vídeo:  [Lucid Dreaming & Overcoming Nightmares | Dr. Gina Poe & Dr. Andrew Huberman...](#)
- Vídeo:  [Sleep Toolkit: Tools for Optimizing Sleep & Sleep-Wake Timing | Huberman Lab ...](#)

REFERÊNCIAS

- Albrecht, U. (2011). The Circadian Clock, Reward, and Memory. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 4. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2011.00041>
- Balban, M. Y., Neri, E., Kogon, M. M., Weed, L., Nouriani, B., Jo, B., Holl, G., Zeitzer, J. M., Spiegel, D., & Huberman, A. D. (2023). Brief structured respiration practices enhance mood and reduce physiological arousal. *Cell Reports Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100895>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso* (4th ed.). Artmed.
- Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2017). *Behavioral neuroscience* (8th ed.). Oxford University Press.
- Brooks, S. J., Katz, E. S., & Stamoulis, C. (2021). Shorter duration and lower quality sleep have widespread detrimental effects on developing functional brain networks in early adolescence. *Cerebral Cortex Communications*, 3(1). <https://doi.org/10.1093/texcom/tgab062>
- Cabral, T., Mota, N. B., Fraga, L., Copelli, M., McDaniel, M. A., & Ribeiro, S. (2018). Post-class naps boost declarative learning in a naturalistic school setting. *Npj Science of Learning*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0031-z>
- Chang, A.-M., Aeschbach, D., Duffy, J. F., & Czeisler, C. A. (2014). Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(4), 1232–1237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1418490112>
- Chen, W.-L., & Chen, J.-H. (2019). Sleep deprivation and the development of leadership and need for cognition during the college years. *Journal of Adolescence*, 73, 95–99. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2019.04.003>
- Datta, A., Nag, K., Karmakar, N., Chakrabarty, T., Tripura, K., & Bhattacharjee, P. (2018). Sleep disturbance and its effect on academic performance among students of a medical college of Tripura. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 6(1), 293. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20185261>
- Ebrahim, I. O., Shapiro, C. M., Williams, A. J., & Fenwick, P. B. (2013). Alcohol and sleep: effects on normal sleep. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 37(4), 539–549. <https://doi.org/10.1111/acer.12006>
- Foley, H. M., & Steel, A. E. (2019). Adverse events associated with oral administration of melatonin: A critical systematic review of clinical evidence. *Complementary Therapies in Medicine*, 42, 65–81. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.11.003>
- Fortunato, J. M. S., Saraiva, E. M., & Gavina, C. (2005). Oscilações do cortisol na depressão e sono/vigília. *Revista Portuguesa de Psicossomática*, 7(1-2), 89–100. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28770207>
- Gao, Q., Kou, T., Zhuang, B., Ren, Y., Dong, X., & Wang, Q. (2018). The Association between Vitamin D Deficiency and Sleep Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 10(10), 1395. <https://doi.org/10.3390/nu10101395>
- Hartsock, M. J., Strnad, H. K., & Spencer, R. L. (2021). Iterative metaplasticity across timescales: How circadian, ultradian, and infradian rhythms modulate memory mechanisms. *Journal of Biological Rhythms*, 074873042110582. <https://doi.org/10.1177/07487304211058256>
- Harvey, A. G. (2022). Treating sleep and circadian problems to promote mental health: Perspectives on comorbidity, implementation science and behavior change. *Sleep*, 45(4). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsac026>
- Hernández-Torrano, D., Ibrayeva, L., Sparks, J., Lim, N., Clementi, A., Almukhambetova, A., Nurtayev, Y., & Muratkyzy, A. (2020). Mental health and well-being of university students: a bibliometric mapping of the literature. *Frontiers in Psychology*, 11(1). Frontiersin. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01226>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., Ware, J. C., & Adams Hillard, P. J. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Kennedy, D. (2016). B vitamins and the brain: Mechanisms, dose and efficacy—a review. *Nutrients*, 8(2), 68. <https://doi.org/10.3390/nu8020068>
- Kessler, R. C., Amminger, G. P., Aguilar-Gaxiola, S., Alonso, J., & Lee, S. (2007). Age of onset of mental disorders: a review of recent literature. *Current Opinion in Psychiatry*, 20(4), 359–364. <https://doi.org/10.1097/yco.0b013e32816ebc8c>
- Korczak, A. L., Martynhak, B. J., Pedrazzoli, M., Brito, A. F., & Louzada, F. M. (2008). Influence of chronotype and social zeitgebers on sleep/wake patterns. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41(10), 914–919. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2008005000047>

- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Lemos, N., Weissheimer, J., & Ribeiro, S. (2014). Naps in school can enhance the duration of declarative memories learned by adolescents. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8(103). <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00103>
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios: Conceitos fundamentais de neurociência*. Atheneu.
- Maciel, F. V., Wendt, A. T., Demenech, L. M., & Dumith, S. C. (2023). Fatores associados à qualidade do sono de estudantes universitários. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(4), 1187–1198. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023284.14132022>
- Mallampalli, M. P., & Carter, C. L. (2014). Exploring sex and gender differences in sleep health: a society for women's health research report. *Journal of Women's Health*, 23(7), 553–562. <https://doi.org/10.1089/jwh.2014.4816>
- Maroto-Gómez, M., Malfaz, M., Castro-González, Á., Carrasco-Martínez, S., & Salichs, M. Á. (2023). Adaptive circadian rhythms for autonomous and biologically inspired robot behavior. *Biomimetics*, 8(5), 413. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8050413>
- Ministério da Saúde. (2023, March 17). *Você já teve insônia? Saiba que 72% dos brasileiros sofrem com alterações no sono*. Ministério Da Saúde. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/marco/voce-ja-teve-insonia-saiba-que-72-dos-brasileiros-sofrem-com-alteracoes-no-sono>
- Mishra, P., Panigrahi, M., & Ankit, D. (2020). Cognition and alertness in medical students: Effects of a single night of partial sleep deprivation. *Annals of Neurosciences*, 27(2), 57–62. <https://doi.org/10.1177/0972753120965083>
- Otsuki, R., Matsui, K., Yoshiike, T., Nagao, K., Utsumi, T., Tsuru, A., Ayabe, N., Hazumi, M., Fukumizu, M., & Kuriyama, K. (2022). Decrease in Social Zeitgebers Is Associated With Worsened Delayed Sleep-Wake Phase Disorder: Findings During the Pandemic in Japan. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.898600>
- Spencer, R. M. C. (2013). Neurophysiological basis of sleep's function on memory and cognition. *ISRN Physiology*, 2013, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2013/619319>
- Toledo, A. J. F. de, Marciano, B. R., Santos, I. M. de P., Silva, I. Z., Gomes, F. S., Santos, T. de S., Silva, T. D. da, Soares, E. A., & Duarte, G. G. de M. (2022). Impactos na memória dos estudantes universitários gerados pela privação do sono - uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(16), e68111637868–e68111637868. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37868>



Emoções, Estresse e Ansiedade

Ana Julia Ribeiro
Raquel Messi Falcoski
Vitor Rabelo de Sá
Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

A transição para o ensino superior é um período marcado por inúmeros desafios, tanto no âmbito acadêmico quanto no pessoal, que podem impactar a saúde mental dos estudantes. Durante essa fase, muitos alunos enfrentam níveis elevados de **estresse**, **ansiedade** e até **depressão**, comumente exacerbados pelo ambiente acadêmico competitivo e pelas pressões relacionadas à carreira. Estudos indicam que a adolescência e o início da vida adulta são períodos críticos para o surgimento de transtornos mentais, como a ansiedade, que atinge seu ápice por volta dos 25 anos, tornando os estudantes universitários uma população particularmente vulnerável (Kessler et al., 2007), conforme discutido no capítulo 3.

O **estresse** é uma resposta adaptativa do organismo a demandas ou ameaças, que mobiliza recursos fisiológicos e cognitivos para lidar com situações desafiadoras. A **ansiedade**, por sua vez, caracteriza-se por um estado prolongado de alerta diante de possíveis ameaças futuras ou incertas. Embora tanto o estresse quanto a ansiedade em níveis moderados possam ser benéficos em certas situações, auxiliando na preparação para desafios, sua manifestação crônica ou severa, especialmente em ambientes acadêmicos, pode ter efeitos prejudiciais. Esses efeitos afetam, principalmente, a **aprendizagem** e a **memória**, comprometendo a concentração, a retenção de informações e o desempenho acadêmico (Bear et al., 2017; Ramanathan & Desrouleaux, 2022). Com base nisso, o presente capítulo visa explorar os conceitos de **emoções**, **estresse** e **ansiedade**, definindo suas bases biológicas e discutindo como esses fatores influenciam na aprendizagem, além de proporcionar estratégias para o gerenciamento de estresse e ansiedade.

Objetivos de aprendizagem

- Compreender as bases biológicas das emoções, estresse e ansiedade;
- Identificar o impacto das emoções na aprendizagem;
- Aprender técnicas de respiração e outras práticas de autorregulação emocional;
- Aplicar estratégias de gerenciamento de estresse.

1 NEUROBIOLOGIA DAS EMOÇÕES, ESTRESSE E ANSIEDADE

As emoções, o estresse e a ansiedade são aspectos essenciais da vida humana, influenciando profundamente o comportamento e a saúde mental. No nível neurobiológico, essas respostas são coordenadas por sistemas complexos, compostos por redes de neurônios e neurotransmissores, e reguladas por estruturas como o **sistema límbico**, o **eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA)** e **áreas corticais** como o córtex pré-frontal e a amígdala. Além de serem cruciais para a adaptação ao ambiente, quando desregulados, esses sistemas podem levar ao desenvolvimento de transtornos psiquiátricos, como depressão e transtornos de ansiedade. Neste tópico abordaremos as bases biológicas das emoções, estresse e ansiedade.

1.1 Emoções

As **emoções** são reações automáticas e complexas do organismo desencadeadas por estímulos internos ou externos, desempenhando um papel essencial na adaptação do organismo ao ambiente. Segundo Damasio (1999), as emoções são “respostas do corpo”, que envolvem mudanças fisiológicas e comportamentais rápidas, como o aumento da frequência cardíaca ou a liberação de hormônios. Essas reações pretendem mobilizar o corpo para enfrentar situações adversas ou buscar recompensas, sendo fundamentais para a sobrevivência. Pode-se citar alguns exemplos de emoções, como a raiva, medo, alegria ou tristeza. As emoções se distinguem dos **sentimentos**, os quais são a percepção consciente das mudanças fisiológicas e das reações emocionais que ocorrem no corpo. Enquanto as emoções são respostas automáticas, os sentimentos surgem quando essas respostas emocionais são processadas cognitivamente, permitindo ao indivíduo uma percepção subjetiva de seu estado emocional, como, por exemplo, a saudade, a gratidão ou amor.

As emoções podem ser classificadas como **respostas imediatas** e **prolongadas**. A **resposta emocional imediata** ocorre de forma automática e rápida, visando reagir prontamente a estímulos que requerem atenção imediata, como o medo diante de uma ameaça iminente. Por outro lado, a **resposta emocional prolongada** envolve uma reação emocional sustentada por mais tempo, como a ansiedade persistente, que reflete um estado contínuo de alerta em relação a eventos futuros ou incertos. Essas reações, tanto imediatas quanto prolongadas, moldam o comportamento e as respostas fisiológicas do indivíduo, influenciando diretamente como ele interage com o mundo e garantindo sua adaptação em contextos desafiadores (Damasio, 1999).

O **sistema límbico**, composto por estruturas como a **amígdala**, o **córtex pré-frontal** e o **hipotálamo**, é fundamental para a regulação das emoções (Figura 1). A amígdala desempenha um papel crucial na avaliação de estímulos emocionais, sendo particularmente responsável por processar emoções intensas como o medo e a raiva. Quando o organismo se depara com uma ameaça, a amígdala avalia rapidamente a situação e aciona respostas automáticas que preparam o corpo para reagir, muitas vezes ativando o sistema nervoso simpático.

O **córtex pré-frontal**, por outro lado, exerce uma função reguladora essencial. Ele ajuda a moderar respostas emocionais excessivas, permitindo que o indivíduo faça uma avaliação mais racional da situação e controle seus impulsos emocionais. Essa região cerebral é crítica para promover **comportamentos adaptativos**, já que, em vez de reagir impulsivamente, o córtex pré-frontal permite uma reflexão sobre as consequências das ações. Um exemplo clássico que ilustra a importância do córtex pré-frontal no controle emocional é o famoso caso de **Phineas Gage**. Gage era um trabalhador ferroviário que, em 1848, sofreu um acidente em que uma barra de ferro perfurou seu crânio, lesionando severamente seu córtex pré-frontal (Figura 2). Antes do acidente, Gage era descrito como uma pessoa responsável e bem-humorada. No entanto, após a lesão, seu comportamento mudou drasticamente. Ele se tornou impulsivo, irritadiço e incapaz de

controlar suas emoções, demonstrando claramente a perda da capacidade de regulação emocional que o córtex pré-frontal exerce. Esse caso se tornou um marco nos estudos sobre neurociência, destacando a relação entre o córtex pré-frontal e o controle das emoções.

Já o **hipotálamo** desempenha o papel de mediador das respostas fisiológicas associadas às emoções, conectando o sistema límbico ao **sistema nervoso autônomo**. Quando ativado por estímulos emocionais, o hipotálamo regula funções como a frequência cardíaca, a respiração e a digestão, preparando o corpo para responder adequadamente à situação emocional vivida. Por exemplo, em momentos de estresse ou medo, ele pode desencadear a ativação do sistema nervoso simpático, mobilizando o corpo para enfrentar ou fugir do perigo.

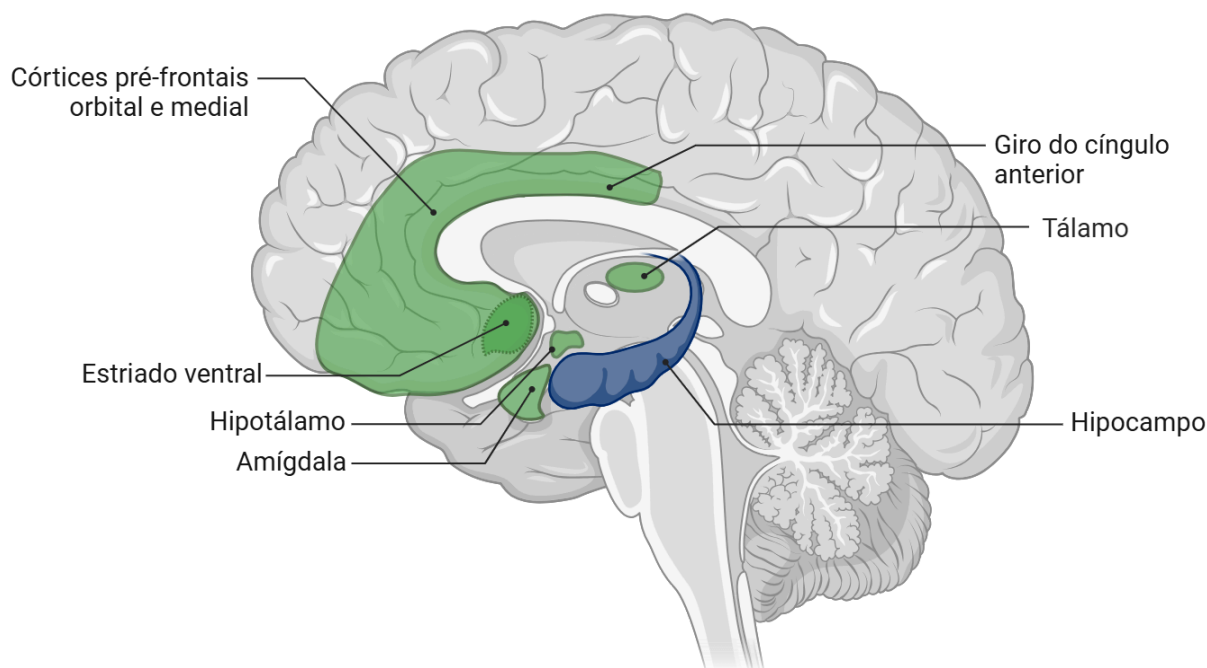


Figura 1. Visão medial do sistema límbico. Dois componentes-chave são os córtices pré-frontais orbital e medial e a amígdala, que, com partes do tálamo, hipotálamo e estriado ventral, são fundamentais para a experiência e expressão das emoções (em verde). Além do hipocampo, o qual desempenha papel no armazenamento de memórias relacionadas, apesar de ser menos importante no processamento emocional (em azul) (Fonte: adaptada de Purves et al., 2010).

Conforme mencionado anteriormente, além de atuar no processamento das emoções, o sistema límbico também está envolvido na ativação do **sistema nervoso autônomo**, que se divide em duas partes: o **sistema nervoso simpático** e o **sistema nervoso parassimpático**. Esses sistemas desempenham papéis cruciais na modulação das respostas fisiológicas que acompanham as emoções, ajustando as funções corporais conforme a necessidade de enfrentar ou recuperar-se de um desafio.

1.1.1 Sistema nervoso autônomo nas emoções

O **sistema nervoso autônomo (SNA)** regula funções involuntárias essenciais para o funcionamento do organismo, como os batimentos cardíacos, a respiração e a digestão. Ele se divide em três ramos: o **sistema nervoso simpático** e o **sistema**

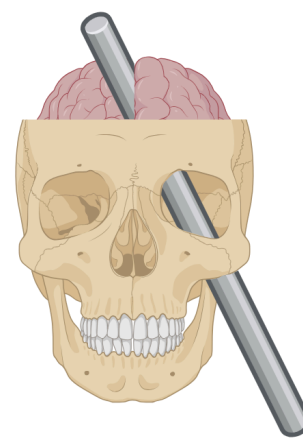


Figura 2. Ilustração da lesão bilateral no lobo frontal de Phineas Gage, provocada por um bastão de ferro (Fonte: próprio autor).

nervoso parassimpático, que atuam de maneira complementar, além do **sistema nervoso entérico**, que será detalhado no capítulo 6. O sistema nervoso simpático é responsável por preparar o corpo para situações de estresse ou perigo, enquanto o parassimpático promove o estado de repouso e recuperação, ajustando o corpo conforme a necessidade de resposta emocional (Bear et al., 2017).

Sistema nervoso simpático

O **sistema nervoso simpático** é ativado em situações de estresse, perigo ou excitação, sendo responsável pela conhecida resposta de “luta ou fuga”. Quando o corpo detecta uma ameaça, a amígdala aciona esse sistema, desencadeando a liberação de adrenalina e noradrenalina pelas glândulas adrenais. Isso resulta em diversas alterações fisiológicas que preparam o corpo para uma resposta rápida e eficaz. Essas alterações incluem:

- **Aumento da frequência e contratilidade cardíaca**, permitindo o bombeamento de um maior volume de sangue pela circulação. Isso assegura um suprimento adequado de oxigênio e nutrientes para os músculos esqueléticos, preparando-os para a ação.
- **Redistribuição do fluxo sanguíneo**, com a constrição dos vasos sanguíneos esplâncnicos (área abdominal), que redireciona o sangue para os músculos, essenciais em emergências.
- **Diminuição das atividades digestivas**, já que o peristaltismo e o tônus dos esfíncteres são reduzidos para priorizar o sangue nos músculos esqueléticos. A digestão é vista como uma função secundária em momentos de perigo.
- **Liberação de glicose e ácidos graxos** pelo fígado e pelo tecido adiposo, garantindo a energia necessária para os músculos e o coração durante a resposta de “luta ou fuga”.
- **Dilatação dos brônquios**, aumentando o volume respiratório para otimizar a captação de oxigênio no sangue.

Essas mudanças são cruciais para enfrentar ou fugir de situações de perigo. Contudo, a ativação prolongada do sistema simpático, como em casos de estresse crônico, pode levar a consequências adversas, como o aumento do risco de doenças cardiovasculares e distúrbios metabólicos. A Figura 3 (esquerda) ilustra o circuito do sistema nervoso simpático e suas principais funções no organismo.

Sistema nervoso parassimpático

O **sistema nervoso parassimpático** é responsável por regular processos que envolvem o repouso e a recuperação do organismo, particularmente após a ativação do sistema simpático. Ele é essencial para a conservação de energia e para o restabelecimento das funções normais do corpo, como a digestão, o relaxamento muscular e o retorno à homeostase. Entre as principais funções do sistema parassimpático, estão:

- **Redução da frequência cardíaca e da pressão arterial**, permitindo que o corpo se recupere após o estresse.
- **Estimulação das atividades digestivas**, com o aumento da secreção salivar e dos líquidos intestinais, que facilitam a digestão e absorção de nutrientes. O peristaltismo intestinal aumenta, promovendo a propulsão dos alimentos, enquanto o tônus dos esfíncteres diminui, facilitando o processo de digestão.
- **Regulação do tônus da bexiga**: O sistema parassimpático também ativa o músculo detrusor, promovendo a micção ao relaxar o esfíncter urinário.
- **Contração das pupilas e acomodação visual**, permitindo a visão mais clara de objetos próximos durante o descanso.

De maneira geral, essas funções são operadas em estados de repouso, quando o corpo não precisa de respostas rápidas, como em situações de perigo. O sistema parassimpático promove o bem-estar fisiológico e mental, restabelecendo o equilíbrio após períodos de estresse. A Figura 3 (direita) apresenta o funcionamento do sistema nervoso parassimpático, destacando suas funções no estado de recuperação e manutenção do equilíbrio fisiológico.

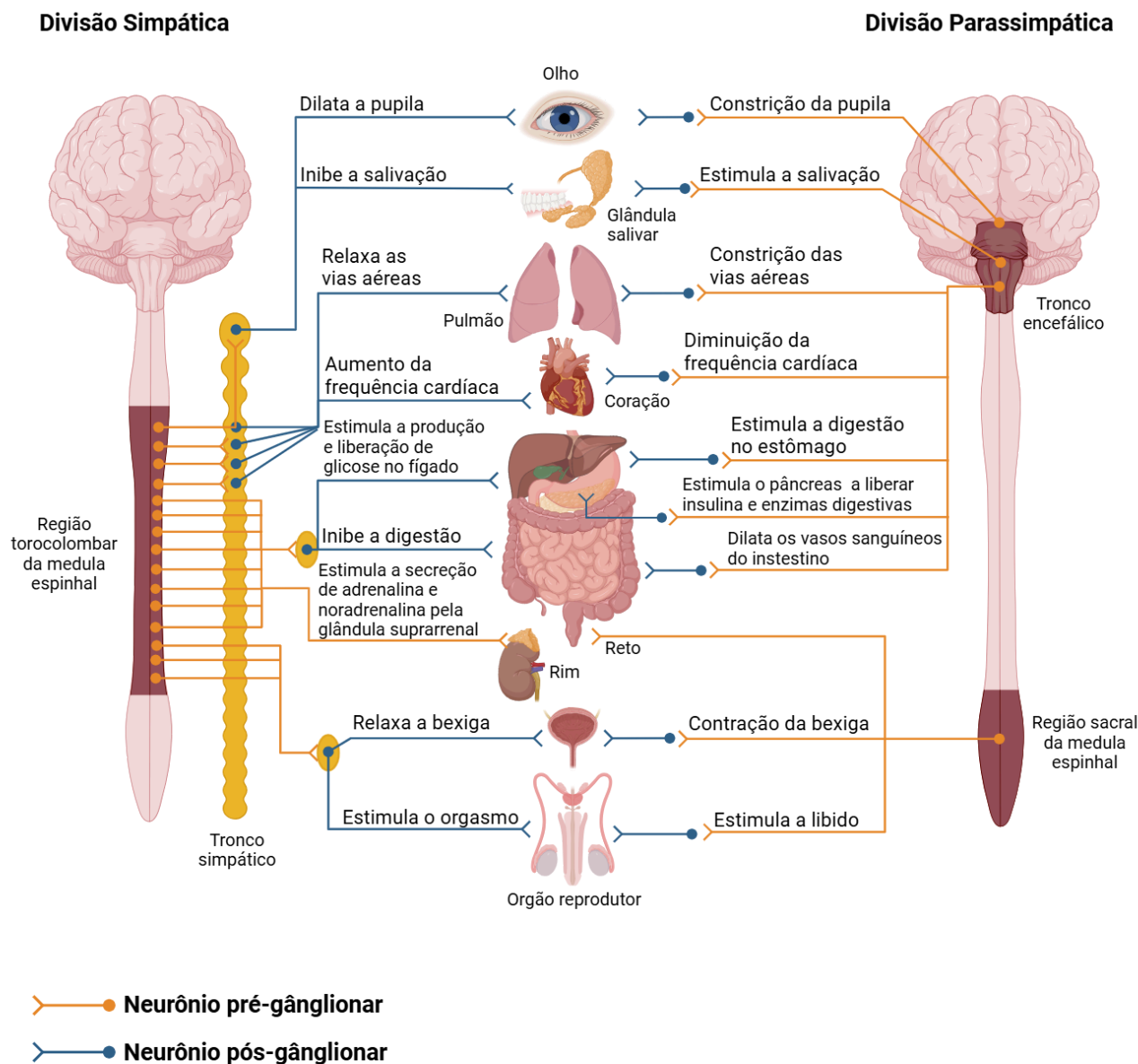


Figura 3. Organização do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), destacando as divisões simpática (à esquerda) e parassimpática (à direita). Na divisão simpática, os neurônios pré-ganglionares (linhas laranjas) têm origem na medula espinal toracolombar e fazem sinapse em gânglios próximos à coluna vertebral (majoritariamente no tronco simpático), enquanto os neurônios pós-ganglionares (linhas azuis) se projetam para os órgãos-alvo, para executar as funções de “luta ou fuga”. Já na divisão parassimpática, os neurônios pré-ganglionares (linhas laranja) têm origem no tronco encefálico e na região sacral da medula, fazendo sinapse em gânglios próximos ou nos órgãos-alvo, de onde partem os neurônios pós-ganglionares (linhas azuis) para regular funções de “repouso e digestão” (Fonte: adaptada de Bear et al., 2017).

1.1.2 Emoções positivas e negativas

As emoções podem ser classificadas como positivas ou negativas, dependendo de sua influência sobre o comportamento e a adaptação do indivíduo ao ambiente. As **emoções**

negativas, como o medo e a raiva, surgem em resposta a situações percebidas como ameaças ou desafios ao organismo. Esses tipos de emoções, por exemplo, podem ativar rapidamente o **sistema nervoso simpático**, preparando o corpo para lidar com o perigo de forma eficiente e imediata.

No caso da **raiva e da agressividade**, o circuito neural que regula essas emoções segue um padrão semelhante ao do medo, envolvendo a amígdala como “botão de disparo”. A amígdala ativa uma sequência de reações que envolvem suas conexões com o **hipotálamo**, que, por sua vez, envia sinais para a **área tegmentar ventral** e para a **substância cinzenta periaquedutal (SCPA)**, áreas diretamente associadas à coordenação de comportamentos agressivos e defensivos (Figura 4). Esse circuito neural entre a amígdala, o hipotálamo e a SCPA é crucial para a manifestação de comportamentos relacionados à raiva e à agressividade, que, embora possam ser prejudiciais em excesso, são respostas essenciais para a autopreservação em situações de ameaça iminente (Stahl, 2014).

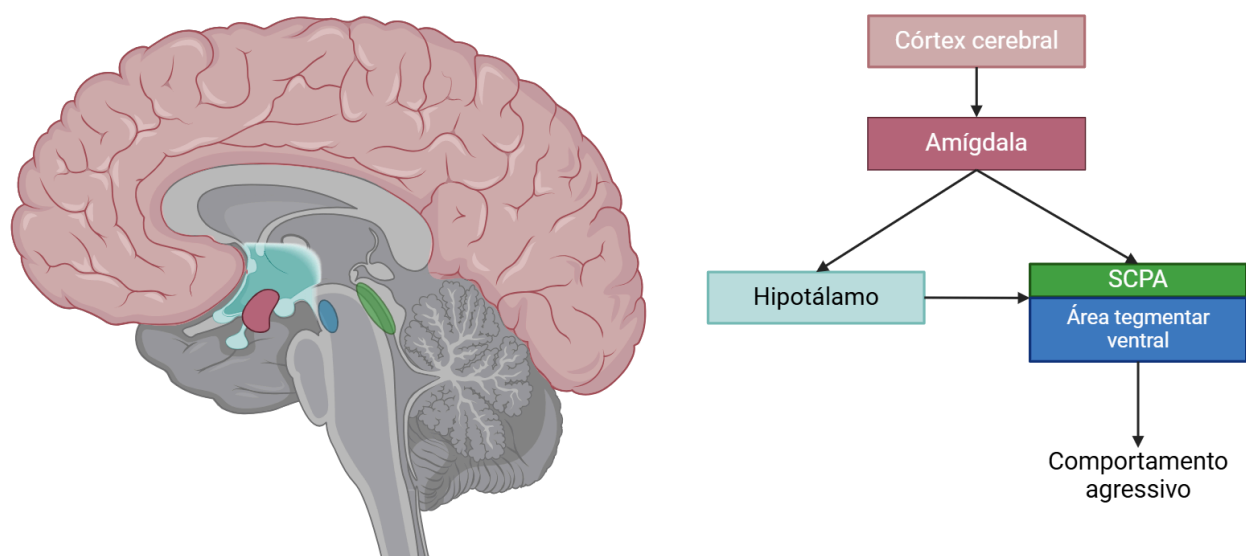


Figura 4. Esquema simplificado do circuito neural para a raiva e a agressividade. Na imagem à esquerda pode-se observar as regiões encefálicas envolvidas, que estão nomeadas no diagrama à direita conforme as cores representadas. Neste esquema, a expressão da raiva e da agressividade é controlada por uma via neural que se origina no córtex cerebral, passa pela amígdala, pelo hipotálamo, indo para a substância cinzenta periaquedutal (SCPA) e para a área tegmentar ventral (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

Por outro lado, as **emoções positivas**, como a alegria e a satisfação, estão associadas a estados de prazer e bem-estar. Elas são reguladas principalmente por circuitos de recompensa, envolvendo estruturas como o **núcleo accumbens** e a **área tegmentar ventral (VTA)**, que fazem parte do sistema dopaminérgico. A dopamina é um neurotransmissor importante envolvido na modulação dessas emoções, reforçando comportamentos que promovem o prazer e a repetição de experiências agradáveis (o sistema de recompensa será detalhado no capítulo 5).

Embora as emoções negativas sejam cruciais para a sobrevivência a curto prazo, a exposição prolongada a essas emoções, sem a devida regulação, pode levar a disfunções emocionais, como a ansiedade crônica ou a depressão. Em contrapartida, as emoções positivas estão associadas ao aumento da resiliência emocional e à promoção da saúde física e mental (Stahl, 2014).

1.2 Estresse e ansiedade

O **estresse** é uma resposta fisiológica adaptativa a ameaças, sejam elas reais ou percebidas, visando restaurar o equilíbrio homeostático do organismo. Conceituado por Hans Selye em 1936 como a “resposta inespecífica do corpo a qualquer demanda de mudança”, o estresse envolve a ativação de mecanismos hormonais e neurais, que preparam o corpo para enfrentar situações desafiadoras ou perigosas (Ramanathan & Desrouleaux, 2022).

Em resposta a um estressor, o organismo emite informações para a **amígdala**, responsável por ativar o **eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA)** (Figura 5), que começa no hipotálamo, levando à liberação de **corticotrofina (CRH)**. Esse hormônio viaja até a hipófise anterior, onde estimula a produção de hormônio **adrenocorticotrófico (ACTH)**. O ACTH, por sua vez, circula até as glândulas suprarrenais, onde promove a liberação de cortisol. A função do cortisol é aumentar a disponibilidade de glicose no sangue, mobilizando recursos energéticos, aumentar a pressão arterial e suprimir sistemas não essenciais para enfrentar um estressor, como o sistema digestivo e o imunológico, preparando o corpo para uma resposta de “luta ou fuga” (Figura 5) (Bear et al., 2017).

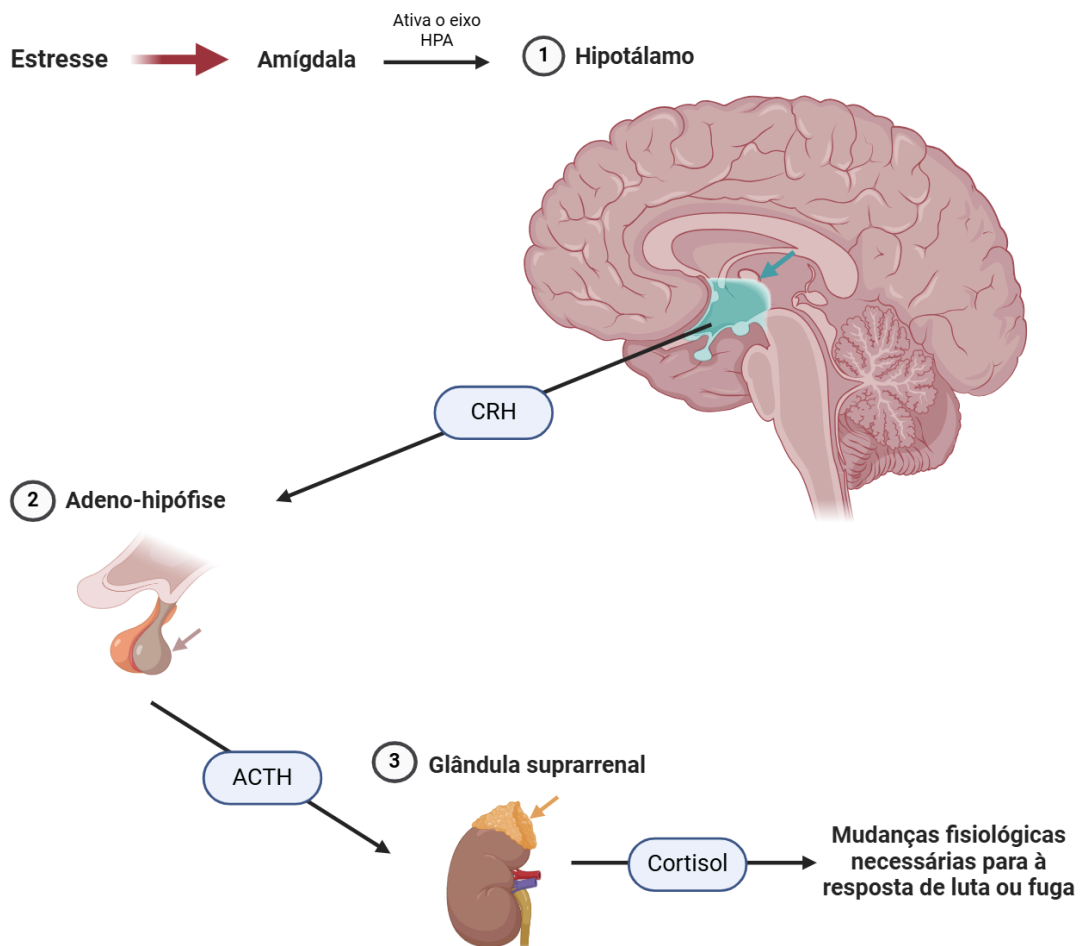


Figura 5. Esquema de ativação do Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) pela amígdala, diante de um evento estressor. O eixo HPA controla a liberação de cortisol pela glândula suprarrenal em resposta ao estresse, realizando as mudanças fisiológicas necessárias para o organismo emitir a resposta de luta ou fuga. A corticotrofina (CRH) é o mensageiro químico que conecta o núcleo paraventricular do hipotálamo à adeno-hipófise. O adrenocorticotrófico (ACTH), liberado pela adeno-hipófise, viaja pelo sangue até a glândula suprarrenal, localizada acima dos rins, estimulando a liberação de cortisol (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

Embora o estresse agudo seja essencial para a sobrevivência, quando crônico, ele pode causar disfunções fisiológicas e psicológicas, como o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, distúrbios do sono, depressão e **transtornos de ansiedade** (Stahl, 2014).

1.2.1 Relação entre estresse e ansiedade

A **ansiedade** é uma resposta emocional prolongada, caracterizada pela antecipação apreensiva de ameaças futuras. Embora o estresse envolva uma resposta imediata a desafios presentes, a ansiedade se baseia em um estado prolongado de alerta, muitas vezes em antecipação a eventos incertos ou futuros. A relação entre estresse e ansiedade é estreita, pois ambos compartilham o envolvimento do eixo HPA e do sistema límbico, sendo que o estresse crônico pode predispor o organismo ao desenvolvimento de estados ansiosos.

Quando o estresse se torna crônico, ele pode aumentar os níveis de ansiedade, gerando uma sobrecarga do sistema nervoso. Isso ocorre particularmente com o aumento da atividade da **amígdala**, responsável pelo processamento de ameaças emocionais. A exposição contínua a estressores pode levar à hiperatividade da amígdala, resultando em respostas emocionais exageradas e predispondo o indivíduo a transtornos como o **transtorno de ansiedade generalizada (TAG)** e o **transtorno do pânico**.

A ativação crônica do eixo HPA também aumenta os níveis de cortisol, que, em excesso, pode ser prejudicial ao **hipocampo** e ao **córtex pré-frontal**. Essas regiões são cruciais para a regulação das emoções e para o controle das respostas ao estresse e à ansiedade. O dano causado pelo excesso de cortisol pode resultar em disfunções na regulação emocional, contribuindo para a manutenção de estados ansiosos e exacerbando o ciclo entre estresse e ansiedade (Brandão & Graeff, 2014).

1.2.2 Neurobiologia da ansiedade

O processamento da ansiedade envolve múltiplas áreas cerebrais relacionadas com o estresse, sendo a **amígdala** e o **córtex pré-frontal** as principais. A amígdala é ativada em resposta a estímulos percebidos como ameaçadores, mesmo que não representem um perigo imediato. Nos indivíduos com transtornos de ansiedade, a amígdala apresenta hiperatividade, levando a respostas exageradas ao estresse. O **córtex pré-frontal**, que normalmente atua para inibir a atividade excessiva da amígdala, muitas vezes falha em modular adequadamente essas respostas, perpetuando o estado de alerta e ansiedade prolongada.

Desse modo, em pacientes com transtornos de ansiedade, há uma maior ativação da amígdala e uma menor ativação do córtex pré-frontal medial ao serem expostos a estímulos ambíguos ou potencialmente ameaçadores. Isso sugere um desequilíbrio entre as áreas responsáveis pela geração das respostas emocionais e aquelas que regulam essas respostas.

Outro aspecto importante na neurobiologia dos transtornos de ansiedade é a **disfunção nos sistemas GABAérgicos**. O GABA (ácido gama-aminobutírico) é o principal neurotransmissor inibitório no sistema nervoso central e desempenha um papel crucial na regulação da excitabilidade neuronal. A deficiência de GABA pode resultar em uma incapacidade de suprimir a hiperatividade neuronal, contribuindo para a manifestação de sintomas de ansiedade. Por isso, muitas abordagens farmacológicas para o tratamento da ansiedade envolvem medicamentos que aumentam a função GABAérgica, como os fármacos benzodiazepínicos (Stahl, 2013).

1.2.3 Tratamento dos transtornos de ansiedade

O tratamento para os transtornos de ansiedade frequentemente envolve uma combinação de intervenções farmacológicas e terapias comportamentais, visando restabelecer o equilíbrio nos

circuitos que regulam a resposta emocional. Sugere-se que fármacos psicotrópicos atuariam facilitando a regulação emocional, enquanto abordagens psicoterapêuticas, como as **terapias cognitivas e comportamentais**, visam modificar padrões disfuncionais de pensamento e comportamento. Tanto de forma independente quanto combinadas, essas intervenções podem ser eficazes no tratamento de estados ansiosos crônicos (Stahl, 2013).

2 IMPACTO DAS EMOÇÕES POSITIVAS E NEGATIVAS NA APRENDIZAGEM

As emoções, tanto positivas quanto negativas, assim como o estresse e a ansiedade influenciam significativamente o processo de aprendizagem. A ativação disfuncional de sistemas, como o **sistema límbico** e o **eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA)**, pode afetar diretamente a capacidade de estudantes processarem informações e consolidarem memórias. Dependendo da intensidade e duração dessas respostas emocionais, os efeitos podem ser benéficos ou prejudiciais para o desempenho cognitivo (Stahl, 2013). Este tópico explora em detalhes como as emoções impactam o aprendizado e a formação de memórias.

2.1 Emoções positivas e a aprendizagem

Emoções positivas, como alegria e satisfação, são especialmente benéficas para o aprendizado. Elas podem promover a **liberação de dopamina** no sistema de recompensa cerebral, o que reforça comportamentos orientados ao prazer e facilita a **consolidação de memórias de longo prazo**. Além disso, indivíduos que vivenciam emoções positivas tendem a demonstrar maior **flexibilidade cognitiva**, uma habilidade que faz parte das funções executivas centrais e é essencial para alternar entre diferentes tarefas e resolver problemas de forma criativa e eficaz (Bear et al., 2017). A flexibilidade cognitiva trata-se da adaptação do comportamento que o sujeito realiza para se adequar a um ambiente, a determinadas regras que necessitam ser seguidas (Diamond, 2016).

2.2 Emoções negativas e a aprendizagem

As **emoções negativas**, como o medo e a ansiedade, possuem um efeito oposto às positivas. Quando essas emoções são intensas ou prolongadas, como ocorre em situações de estresse crônico, o **eixo HPA** é ativado, resultando na liberação de **cortisol**. O excesso de cortisol, especialmente quando mantido por longos períodos, **pode causar alterações no hipocampo**, como atrofia, redução de seu volume e redução na neurogênese, impactando negativamente na formação de novas memórias declarativas e a regulação emocional. Como consequência, o indivíduo enfrenta dificuldades de **concentração, retenção de informações e resolução de problemas**, afetando diretamente o desempenho acadêmico (Brandão & Graeff, 2014; Frodl & O'Keane, 2012).

Em situações de estresse crônico ou ansiedade, a **amígdala** fica hiperativada, desviando os recursos cognitivos para lidar com a ameaça percebida. Esse estado de alerta constante prejudica a capacidade de foco e interfere no processamento **de informações complexas e abstratas**, fundamentais para a aprendizagem de novos conteúdos. Assim, as emoções negativas podem monopolizar a atenção, dificultando o aprendizado eficiente (Bear et al., 2017; Stahl, 2013).

Enquanto as **emoções positivas** promovem um ambiente mental propício para o aprendizado, as **emoções negativas**, especialmente quando não reguladas, criam barreiras cognitivas que prejudicam o processo de aquisição e retenção de conhecimento. Portanto, é essencial que o ambiente de aprendizado minimize os efeitos negativos do estresse e da ansiedade, ao mesmo tempo, é importante que se estimule emoções positivas que favoreçam o desempenho acadêmico e a saúde mental.

3 PRÁTICAS PARA PROMOVER A AUTORREGULAÇÃO EMOCIONAL E ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE STRESSSE

As práticas de **autorregulação emocional** são ferramentas eficazes para o gerenciamento do estresse e da ansiedade. Neste tópico, apresentaremos algumas dessas estratégias. Porém, antes de explorá-las, é essencial entender o que significa autorregulação emocional.

Autorregulação emocional refere-se à capacidade de **monitorar, avaliar e ajustar** as próprias emoções de maneira eficaz, permitindo que os indivíduos administrem suas respostas emocionais em diversas situações (Gross, 2015). Esse processo envolve **reconhecer** as emoções, **compreender** suas causas e aplicar **estratégias** para regular tanto a intensidade quanto a expressão dessas emoções de forma construtiva.

A autorregulação emocional é fundamental para o bem-estar psicológico, o controle do estresse e o desenvolvimento de relacionamentos saudáveis. Os processos envolvidos incluem **funções executivas**, como o estabelecimento de metas e o automonitoramento, e **funções cognitivas**, como autoavaliações e autoeficácia (ou seja, a percepção que o indivíduo tem sobre sua própria capacidade de realizar algo). Esses processos também abrangem a **resposta emocional** aos estressores internos e externos, envolvendo **inibição, controle e expressão** das emoções. Nesse contexto, comportamento e emoção estão intrinsecamente conectados, ressaltando a complexa relação entre a regulação emocional e as ações (Menefee & Johnston, 2022).

A regulação emocional, portanto, exige uma **consciência metacognitiva** (a capacidade de estar consciente dos próprios processos mentais e emocionais) do estado emocional atual, envolvendo a adoção de estratégias eficazes, seja para resolver problemas ou para aceitar e enfrentar situações desafiadoras. Técnicas como a **respiração lenta** atuam melhorando a flexibilidade do sistema nervoso autônomo, cerebral e psicológica, por meio de interações mútuas (Zaccaro et al., 2018). Além disso, a **respiração controlada** pode melhorar a qualidade do sono, aumentar a capacidade de concentração, promover o bem-estar, aumentar a tolerância a situações de dor ou desconforto e, se praticada regularmente, beneficiar a saúde pulmonar (Jerath et al., 2015).

3.1 Técnicas de respiração e benefícios envolvidos

Abaixo estão descritos três tipos de **técnicas de respiração** que auxiliam na autorregulação emocional: a **respiração cíclica, respiração diafragmática e respiração 4-7-8**. Essas técnicas são simples e podem ser praticadas em diversas situações e lugares, proporcionando alívio imediato em momentos de estresse ou ansiedade.

3.1.1 Respiração cíclica

A **respiração cíclica** é uma das técnicas **mais atuais e eficazes** para promover o aumento do afeto positivo, reduzir a ansiedade e gerar alterações fisiológicas, como a diminuição da frequência cardíaca e respiratória. Além disso, ela proporciona uma maior sensação de controle sobre a percepção do estado interno (emoções, sensações fisiológicas e estados mentais), promovendo a **regulação psicofisiológica** (Balban et al., 2023).

Para realizar a técnica de respiração cíclica, é importante seguir alguns passos: estar sentado ou deitado em uma posição confortável; inspirar lentamente pelo nariz, enchendo completamente os pulmões; após essa primeira inalação, realizar uma segunda inalação breve para maximizar a capacidade pulmonar; e, finalmente, exalar lentamente pela boca, liberando todo o ar dos pulmões. Essa prática deve ser mantida por cerca de cinco minutos e, ao final, deve-se

retornar à respiração normal (Assista ao vídeo “Respiração Cíclica” do material complementar para aplicar a técnica corretamente).

3.1.2 Respiração diafragmática

A **respiração diafragmática** envolve a prática de respirações profundas, utilizando o diafragma, o principal músculo da respiração localizado na base dos pulmões. Esse tipo de respiração é mais lenta e profunda do que a respiração torácica superficial. As técnicas de respiração lenta influenciam diretamente as atividades dos sistemas nervoso autônomo e central, assim como o estado psicológico, promovendo mudanças autonômicas, aumentando a variabilidade da frequência cardíaca e a arritmia sinusal respiratória, além de alterar a atividade do sistema nervoso central (Zaccaro et al., 2018).

Um estudo de imagem por ressonância magnética funcional revelou um aumento na atividade de estruturas corticais, como os córtices pré-frontal, motor e parietal, e subcorticais, como a ponte, tálamo, núcleo subparabraquial, substância cinzenta periaquedutal e hipotálamo (Critchley et al., 2015). Esses aumentos de atividade estão relacionados a benefícios psicológicos e comportamentais, como maior conforto, relaxamento, prazer, vigor e estado de alerta, além da redução de sintomas como excitação, ansiedade, depressão, raiva e confusão.

Para praticar a respiração diafragmática, deve-se inspirar pelo nariz, expandindo o abdômen (permitindo que os pulmões se encham completamente), e expirar pela boca, contraindo o abdômen à medida que o ar é expelido (Vídeo “Respiração Diafragmática” disponível no material complementar para melhor uso da técnica).

3.1.3 Respiração 4-7-8

A **respiração 4-7-8** é uma técnica de respiração controlada que utiliza a contagem dos segundos durante a inspiração, retenção e expiração para induzir um estado de relaxamento. Essa técnica pode reduzir a frequência cardíaca e promover um estado de calma. Estudos indicam que essa prática ajuda a ativar o sistema nervoso parassimpático, facilitando um relaxamento profundo e diminuindo a ansiedade (Brown & Gerbarg, 2005).

A técnica envolve três etapas em um ciclo: inspirar pelo nariz contando até **4**, segurar a respiração contando até **7**, e expirar lentamente pela boca contando até **8**. (O vídeo “Respiração 4-7-8”, disponível no material complementar, pode ajudar a aplicar a técnica corretamente).

Um estudo conduzido por Aktas e Ilgin (2023), que investigou os efeitos da respiração profunda e da técnica 4-7-8 na ansiedade e qualidade de vida de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica, revelou que a técnica 4-7-8 foi eficaz na redução dos níveis de ansiedade desses pacientes. Além disso, o exercício de respiração profunda melhorou a qualidade de vida após a intervenção. Esses resultados demonstram a eficácia de técnicas de respiração como práticas de autocuidado, com impacto positivo que vai além do bem-estar individual, afetando também a sociedade e a economia.

3.2 Práticas de autorregulação emocional

Além das **técnicas de respiração**, a **autorregulação emocional** envolve práticas que ajudam a gerenciar e responder às emoções de forma saudável. A seguir, exploraremos algumas dessas práticas: **mindfulness e meditação**, **reavaliação cognitiva**, **exercício físico regular** e **técnicas de relaxamento**.

3.2.1 Mindfulness e meditação

O mindfulness e a meditação são práticas de **atenção plena** que ajudam a tomar consciência das emoções, pensamentos e sensações corporais, permitindo observá-los sem ser

dominado por eles. Estudos de neuroimagem indicam que a **meditação** pode aumentar a atividade em áreas do cérebro associadas à regulação emocional, como o córtex pré-frontal, córtex cingulado anterior e ínsula, além de reduzir a atividade na amígdala, envolvida na resposta ao estresse. Outros benefícios incluem a redução de pensamentos negativos repetitivos, que podem persistir por longos períodos, e a diminuição da reatividade emocional, caracterizada por reações intensas e impulsivas a estímulos externos. Dessa forma, a prática de **mindfulness** ajuda a desenvolver habilidades para gerenciar o estado emocional e reduzir a reatividade em situações estressantes (Goyal et al., 2014; Garland & Howard, 2023; Guendelman et al., 2017) (Assista ao vídeo “Como praticar mindfulness no dia a dia” disponível no material complementar).

Apesar dos benefícios do **mindfulness** na resposta ao estresse e ansiedade, há poucos estudos comparando seus efeitos com técnicas de respiração. Um estudo randomizado realizado por Balban et al. (2023) comparou três exercícios respiratórios diários de 5 minutos com meditação mindfulness ao longo de um mês. Os quatro grupos apresentaram melhorias no **afeto positivo** (emoções agradáveis, como alegria e gratidão) e redução na ansiedade e no **afeto negativo** (emoções desagradáveis, como tristeza e raiva). No entanto, a **respiração cíclica** resultou no maior aumento do afeto positivo, destacando que o controle intencional da respiração pode ser mais eficaz para o humor do que a atenção passiva da meditação. Esse estudo traz resultados preliminares relevantes para práticas de autorregulação emocional.

3.2.2 Reavaliação cognitiva

A **reavaliação cognitiva** consiste em alterar a maneira de pensar sobre uma situação estressante para modificar a resposta emocional. Em vez de focar nos aspectos negativos, a situação é reinterpretada de forma mais positiva ou neutra. Essa técnica é eficaz para reduzir a ansiedade e o estresse, promovendo uma visão mais equilibrada e positiva (Gross & John, 2003; Gross, 2002; Aldao et al., 2015). Um estudo de Wallace-Hadrill & Kamboj (2016) demonstrou que adotar uma perspectiva “distanciada”, como se o indivíduo fosse um espectador externo, reduz a intensidade das emoções, permitindo uma análise mais objetiva da situação.

3.2.3 Exercício físico regular

A **atividade física regular** não só melhora a saúde física, como também impacta positivamente a **regulação emocional** e o bem-estar mental. O exercício pode melhorar o humor, reduzir sintomas de depressão e ansiedade, além de aumentar a resiliência emocional. Modalidades como **exercícios aeróbicos** e **treinamento de força** são especialmente benéficas para a regulação emocional, sendo que a combinação de ambos pode gerar melhores resultados (Rebar et al., 2015; Smith, 2021).

3.2.4 Técnicas de relaxamento

O **Relaxamento Muscular Progressivo** (RMP) foi desenvolvido por Edmund Jacobson na década de 1920 para reduzir o estresse e a ansiedade, promovendo um estado de relaxamento profundo. A técnica consiste em **contrair e relaxar** grupos musculares específicos, começando pelos pés e subindo até a cabeça, ajudando a aliviar a tensão acumulada (APA, 2013) (Assista ao vídeo “Relaxamento Muscular Progressivo Jacobson” disponível no material complementar).

3.3 Estratégias de gerenciamento de estresse

Além das técnicas e práticas de autorregulação emocional mencionadas anteriormente, o gerenciamento do estresse envolve estratégias que podem ajudar a reduzir a sobrecarga e melhorar o bem-estar geral. Uma dessas estratégias é estabelecer **objetivos claros** e a criação de

planos para alcançá-los, conferindo um senso de controle e propósito, contribuindo para a diminuição da resposta ao estresse. Entre as principais práticas de gerenciamento de estresse, destacam-se:

- **Definição de limites:** estabelecer e manter limites claros entre o trabalho e o tempo pessoal é fundamental para evitar sobrecarga e **burnout**. Ao respeitar esses limites, cria-se um equilíbrio saudável entre as demandas da vida pessoal e profissional (Gordon & Hargrove, 2018).
- **Resolução de problemas:** identificar problemas específicos e desenvolver um plano de ação para resolvê-los pode reduzir a sensação de estar sobrecarregado, além de aumentar a confiança em lidar com desafios. Isso proporciona uma abordagem mais estruturada e racional diante de situações estressantes (Nezu & D’Zurilla, 2013).
- **Conexão social:** manter um contato regular com amigos e familiares, bem como buscar apoio quando necessário, proporciona suporte emocional, diminuindo o sentimento de isolamento e solidão, que podem aumentar o estresse (Cohen & Wills, 1985).
- **Autocompaixão:** Tratar-se com gentileza e compreensão, especialmente em momentos de dificuldade, ajuda a reduzir a autocrítica e promove uma atitude mais positiva em relação a si. A prática de autocompaixão é associada à diminuição do estresse e ao aumento do bem-estar emocional (Neff, 2003; Neff, 2013; Eichholz, 2020).

Essas estratégias, quando aplicadas consistentemente, podem auxiliar no gerenciamento mais eficaz do estresse, promovendo uma maior resiliência emocional e qualidade de vida.

RESUMO

- As emoções são reguladas por estruturas cerebrais como o sistema límbico, que inclui a amígdala e o hipocampo, e o córtex pré-frontal, responsável pela tomada de decisões e controle emocional. Os neurotransmissores, como a serotonina e a dopamina, influenciam na modulação das emoções.
- O estresse é uma resposta fisiológica a ameaças, podendo ser agudo (de curta duração) ou crônico (prolongado). O estresse crônico pode levar a problemas de saúde mental, como a ansiedade, caracterizada por preocupações excessivas e reações emocionais intensas.
- O estresse crônico pode aumentar a vulnerabilidade a transtornos de ansiedade, uma vez que provoca uma hiperativação da amígdala, responsável por processar ameaças, e pode prejudicar a função do córtex pré-frontal, que regula as emoções.
- A ansiedade envolve a hiperatividade da amígdala, resultando em respostas emocionais exageradas. O aumento dos níveis de cortisol, devido à ativação crônica do eixo HPA, pode afetar negativamente áreas do cérebro que regulam as emoções, como o hipocampo e o córtex pré-frontal.
- Os tratamentos para transtornos de ansiedade podem incluir psicoterapia, como intervenções cognitivas e comportamentais que auxiliam a modificar padrões de pensamento e comportamento, e intervenções medicamentosas, como antidepressivos e ansiolíticos.
- Emoções positivas, como alegria e interesse, facilitam a aprendizagem e a retenção de informações, enquanto emoções negativas, como medo e tristeza, podem criar barreiras cognitivas que prejudicam o desempenho acadêmico.

- A autorregulação emocional envolve a capacidade de monitorar e modificar as próprias emoções. Práticas como a meditação e a reavaliação cognitiva ajudam a gerenciar o estresse e a ansiedade, promovendo o bem-estar.
- Técnicas de respiração, como a respiração diafragmática e a respiração cíclica, podem reduzir a ansiedade e o estresse, promovendo um estado de calma e relaxamento ao ativar o sistema nervoso parassimpático.
- Mindfulness e meditação são práticas que ajudam a aumentar a consciência emocional e a reduzir a reatividade emocional. A reavaliação cognitiva envolve mudar como percebemos e interpretamos situações estressantes.
- A atividade física regular é uma estratégia eficaz para reduzir o estresse e a ansiedade, ao liberar endorfinas, melhorando o humor e promovendo a saúde física e mental.
- Técnicas como relaxamento muscular progressivo e visualização guiada ajudam a aliviar a tensão e a ansiedade, proporcionando um estado de relaxamento profundo.
- Estratégias práticas incluem a organização do tempo, a definição de prioridades, a prática de hobbies e a busca de apoio social, ajudam a lidar com o estresse no ambiente acadêmico e na vida cotidiana.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. As emoções são reações automáticas e complexas desencadeadas apenas por estímulos externos. ()
2. Emoções negativas, como medo e ansiedade, são sempre prejudiciais para a aprendizagem, independentemente da sua intensidade ou duração. ()
3. Técnicas de respiração podem ser utilizadas para promover a autorregulação emocional em situações de estresse. ()
4. A ativação crônica da amígdala em situações de estresse não interfere na capacidade de foco e na aprendizagem de novas informações. ()
5. O excesso de cortisol resultante do estresse crônico causa hipertrofia do hipocampo, melhorando a formação de memórias. ()

Respostas:

1. Falso. As emoções podem ser desencadeadas tanto por estímulos internos quanto externos. Segundo Damasio (1999), as emoções são “respostas do corpo” que envolvem mudanças fisiológicas e comportamentais rápidas, e essas reações podem ser provocadas por fatores internos, como pensamentos e memórias, além de estímulos do ambiente.
2. Falso. Embora as emoções negativas surjam em resposta a ameaças, elas não são sempre prejudiciais. Elas desempenham um papel adaptativo, auxiliando o indivíduo a enfrentar desafios. As emoções negativas podem mobilizar o organismo para a ação, o que é fundamental para a sobrevivência, conforme discutido por Damasio (1999).
3. Verdadeiro. Técnicas como respiração diafragmática e respiração 4-7-8 ajudam a reduzir a ansiedade, promovendo relaxamento e melhorando a resposta ao estresse através da ativação do sistema nervoso parassimpático (Balban et al., 2023; Critchley et al., 2015; Zaccaro et al., 2018).
4. Falso. A ativação crônica da amígdala, comum em situações de estresse prolongado, desvia recursos cognitivos para lidar com ameaças percebidas, prejudicando o foco e a capacidade de processar informações complexas, afetando negativamente a aprendizagem (Bear et al., 2017).

5. Falso. O excesso de cortisol, especialmente em situações de estresse crônico, causa atrofia do hipocampo, prejudicando a formação de memórias declarativas e impacta negativamente a aprendizagem (Bear et al., 2017).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 4: Neurobiologia das Emoções, Estresse e Ansiedade](#)
- Videoaula: [MÓDULO 4: Estresse, ansiedade e impacto das emoções na aprendizagem](#)
- Videoaula: [MÓDULO 4: Práticas para promover a autorregulação emocional e estratégias de gerenciamento de estresse - parte 1](#)
- Videoaula: [MÓDULO 4: Práticas para promover a autorregulação emocional e estratégias de gerenciamento de estresse - parte 2](#)

MATERIAL COMPLEMENTAR

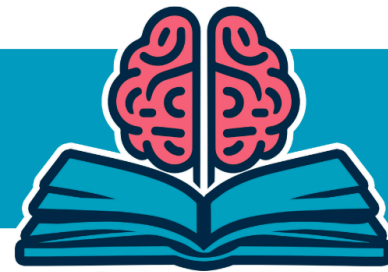
- Vídeo: [O QUE SÃO EMOÇÕES?](#)
- Vídeo: [How stress affects your brain - Madhumita Murgia](#)
- Vídeo: [O INCRÍVEL caso de PHINEAS GAGE](#)
- Vídeo: [Cyclic Breathing For Beginners: Guided Breathwork by Andrew Huberman](#)
- Vídeo: [Respiração Diafragmática](#)
- Vídeo: [RESPIRAÇÃO 4,7,8](#)
- Vídeo: [Relaxamento Muscular Progressivo Jacobson \[Passo-a-Passo\]](#)
- Vídeo: [Como praticar mindfulness no dia a dia?](#)

REFERÊNCIAS

- Aktaş, G. K., & İlgin, V. E. (2023). The Effect of Deep Breathing Exercise and 4-7-8 Breathing Techniques Applied to Patients After Bariatric Surgery on Anxiety and Quality of Life. *Obesity surgery*, 33(3), 920–929. <https://doi.org/10.1007/s11695-022-06405-1>
- Aldao, A., Sheppes, G., & Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation Flexibility. *Cognitive Therapy and Research*, 39(3), 263-278. <https://doi.org/10.1007/s10608-014-9662-4>
- American Psychological Association (APA). (2013). *Stress Management: Relaxation Techniques*.
- Anacker, C., Hen, R. (2017). Adult hippocampal neurogenesis and cognitive flexibility – linking memory and mood. *Nat Rev Neurosci* 18, 335–346. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.45>
- Balban, M. Y., Neri, E., Kogon, M. M., Weed, L., Nouriani, B., Jo, B., Holl, G., Zeitzer, J. M., Spiegel, D., & Huberman, A. D. (2023). Brief structured respiration practices enhance mood and reduce physiological arousal. *Cell reports. Medicine*, 4(1), 100895. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100895>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Artmed Editora.
- Brandão, M. L., & Graeff, F. G. (2014). *Neurobiologia dos Transtornos Mentais* (1st ed.). Atheneu.
- Brown, R. P., & Gerbarg, P. L. (2005). Sudarshan Kriya Yoga as a mental silence practice: Evidence and implications. *Journal of Clinical Psychology*, 61(3), 339-349. <https://doi.org/10.1002/jclp.20092>
- Clark, D. A., Beck, A. T. (2012). *Terapia Cognitiva para Transtornos de Ansiedade*. Artmed
- Cohen, S., & Wills, T. A. (1985). Stress, social support, and the buffering hypothesis. *Psychological Bulletin*, 98(2), 310-357. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.2.310>
- Critchley H. D., Nicotra A., Chiesa P. A., Nagai Y., Gray M. A., Minati L., et al.. (2015). Slow breathing and hypoxic challenge: cardiorespiratory consequences and their central neural substrates. *PLoS ONE* 10:e0127082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127082>
- Damasio, A. R. (1999). *The Feeling of What happens: Body, Emotion and the Making of Consciousness*. Vintage, Cop.
- Diamond, A. (2016) Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In: _____. *Executive Function in Preschool-Age Children: Integrating Measurement, neurodevelopment, and translational research*. American Psychological Association, p. 11-43

- Duplessis-Marcotte, F., Lapointe, R., Lupien, S. J., & Marin, M.-F. (2023). When asking 'are you stressed?' is not enough: Hair cortisol, subjective stress, and alcohol use during the first year of the pandemic. *Psychoneuroendocrinology*, 150, 106051. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01773/full>
- Duvall, A., & Roddy, C. (2020). What is Anxiety?. *Managing Anxiety in School Settings*. <https://doi.org/10.1037/e558982009-001>
- Eichholz, A., Schwartz, C., Meule, A., Heese, J., Neumüller, J., & Voderholzer, U. (2020). Self-compassion and emotion regulation difficulties in obsessive-compulsive disorder. *Clinical psychology & psychotherapy*, 27(5), 630–639. <https://doi.org/10.1002/cpp.2451>
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & Emotion*, 6(6), 409-434. <https://doi.org/10.1080/02699939208409696>
- Frodl, T., & O'Keane, V. (2012). How does the brain deal with cumulative stress? A review with focus on developmental stress, HPA axis function and hippocampal structure in humans. *Neurobiology of Disease*, 52, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2012.03.012>
- Garland, E. L., & Howard, M. O. (2023). Mindfulness-based interventions for mental health problems: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Psychology*, 79(1), 34-55.
- Gordon, E. B., & Hargrove, K. M. (2018). The role of personal boundaries in managing work-related stress: The impact of setting limits and prioritizing self-care. *Journal of Occupational Health Psychology*, 23(4), 453-463. <https://doi.org/10.1037/ocp0000102>
- Goyal, M., Singh, S., Sibinga, E. M., Gould, N. F., Rowland-Seymour, A., Sharma, R., & Berger, Z. (2014). Meditation programs for psychological stress and well-being: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*, 174(3), 357-368. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.13018>
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual Differences in Two Emotion Regulation Processes: Implications for Affect, Relationships, and Well-Being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 348-362. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348>
- Guendelman, S., Medeiros, S., & Rampes, H. (2017). Mindfulness and Emotion Regulation: Insights from Neurobiological, Psychological, and Clinical Studies. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00220>
- Gross, J. J. (2015). Emotion Regulation: Current Status and Future Prospects. *Psychological Inquiry*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2014.940781>
- Jerath, R., Edry, J. W., Beverly, A. B., & Jerath, V. (2015). Physiology of slow, deep breathing: Mastering the autonomic nervous system to promote health. *International Journal of Yoga*, 8(2), 122-128. <https://doi.org/10.4103/0973-6131.160396>
- Kessler, R. C., & Wang, P. S. (2008). The descriptive epidemiology of commonly occurring mental disorders in the United States. *Annual Review of Public Health*, 29, 115-129. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090847>
- Luethi Mathias, Meier Beat, Sandi Carmen. (2009). Stress effects on working memory, explicit memory, and implicit memory for neutral and emotional stimuli in healthy men. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. Volume 2. <https://doi.org/10.3389/neuro.08.005.2008>
- Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434-445. <https://doi.org/10.1038/nrn2639>
- Marcolongo-Pereira, C., Castro, F. C. A. Q., Barcelos, R. M., Chiepe, K. C. M. B., Rossoni Junior, J. V., Ambrosio, R. P., Chiarelli-Neto, O., & Pesarico, A. P. (2022). Neurobiological mechanisms of mood disorders: Stress vulnerability and resilience. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 16, 1006836. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.1006836>
- Menefee, D. S., Ledoux, T., & Johnston, C. A. (2022). The Importance of Emotional Regulation in Mental Health. *American journal of lifestyle medicine*, 16(1), 28–31. <https://doi.org/10.1177/15598276211049771>
- McEwen, B. S. (2007). Physiology and Neurobiology of Stress and Adaptation: Central Role of the Brain. *Physiological Reviews*, 87(3), 873–904. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2006>
- Neff, K. D. (2003). Self-compassion: An alternative conceptualization of a healthy attitude toward oneself. *Self and Identity*, 2(4), 223-250. <https://doi.org/10.1080/15298860309032>
- Nezu, A. M., Nezu, C. M., & D'Zurilla, T. J. (2013). Problem-solving therapy: A positive approach to clinical intervention. *Springer*.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Ramanathan, R., & Desrouleaux, R. (2022). Introduction: The Science of Stress. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 95(1), 1–2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8961711/>

- Rapee, R. M., & Heimberg, R. G. (1997). A cognitive-behavioral model of anxiety in social situations. *Behaviour Research and Therapy*, 35(8), 741-756. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(97\)00022-3](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(97)00022-3)
- Rebar, A. L., Stanton, R., Geard, D., Short, C., Duncan, M. J., & Vandelanotte, C. (2015). A meta-meta-analysis of the effect of physical activity on depression and anxiety in non-clinical adult populations. *Health psychology review*, 9(3), 366–378. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1022901>
- Sapolsky, R. M. (2007). Glândulas, arrepios e hormônios. In: SAPOLSKY, Robert M.. *POR QUE AS ZEBRAS NÃO TÊM ÚLCERA?: O mais conceituado guia sobre como lidar com o estresse e os males e doenças associados a ele*. São Paulo: Francis Cap. 2. p. 33-50. Tradução de: Ana Carolina Mesquita.
- Smith, P. J., & Merwin, R. M. (2021). The Role of Exercise in Management of Mental Health Disorders: An Integrative Review. *Annual review of medicine*, 72, 45–62. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-060619-022943>
- Stahl, S. (2013). *Stahl's Essential Psychopharmacology: Neuroscientific Basis and Practical Applications*. Cambridge University Press.
- Varvogli, L., & Darviri, C. (2011). Stress management techniques: evidence-based procedures that reduce stress and promote health. *Health Science Journal*, 5(2), 74-89.
- Wallace-Hadrill S.M. A. & Kamboj S. K. (2016) The Impact of Perspective Change As a Cognitive Reappraisal Strategy on Affect: A Systematic Review. *Front. Psychol.* 7:1715. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01715>
- Wiedemann, K. (2015). Anxiety and anxiety disorders. In *Elsevier eBooks* (pp. 804–810). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.27006-2>
- World Health Organization. 2023. *Stress*. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/stress>
- Zaccaro, A., Piarulli, A., Riva, V., & Pagnini, F. (2018). The role of breath in the regulation of emotions: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 811.



Uso e Abuso de Substâncias

Aline da Silva

Ana Julia Ribeiro

Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

O uso de substâncias abrange desde um consumo moderado e aceito socialmente até práticas que violam normas sociais e legais. Quando o consumo ultrapassa esses limites e transgredir as normas sociais ou legais vigentes em um dado momento e sociedade, é classificado como **abuso** (Graeff & Guimarães, 1999). O abuso pode trazer consequências significativas para a saúde física e psicológica, frequentemente culminando em adicção.

O **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5)** redefine a abordagem tradicional de “dependência de drogas”, introduzindo a categoria “transtornos relacionados ao uso de substâncias”. Essa classificação abrange 10 classes principais: álcool, cafeína, canábis, alucinógenos, inalantes, opioides, sedativos-hipnóticos e ansiolíticos, estimulantes, tabaco e outras substâncias. O DSM-5 divide os problemas associados ao consumo em duas categorias principais: os transtornos por uso de substâncias, caracterizados pelo consumo persistente apesar de consequências adversas, e os transtornos induzidos por substâncias, que incluem condições temporárias como intoxicação e sintomas de abstinência (Meyer & Quenzer, 2019).

Diante disso, o consumo de substâncias psicoativas entre estudantes universitários tem despertado preocupação crescente nas últimas décadas. Estudos apontam essa população como particularmente vulnerável, especialmente ao uso de álcool, em função de fatores como pressão social, busca por novas experiências e a transição para a vida adulta. Aspectos sociais e psicológicos podem aumentar a vulnerabilidade ao uso de substâncias e, em muitos casos, levar ao desenvolvimento da adicção (Trindade et al., 2018). Nesse cenário, compreender os mecanismos neurobiológicos associados ao consumo de substâncias e seus efeitos sobre o sistema nervoso, bem como suas implicações na aprendizagem, é fundamental. Além disso, este capítulo busca abordar estratégias voltadas à prevenção, redução de danos e tratamentos relacionados ao uso de substâncias.

Objetivos de aprendizagem

- Compreender o sistema de recompensa, as substâncias psicoativas e o impacto do abuso dessas substâncias;
- Reconhecer os efeitos do uso de psicoativos na aprendizagem;
- Identificar estratégias de prevenção, redução de danos e tratamentos relacionados ao uso de substâncias psicoativas.

1 NEUROBIOLOGIA DO PRAZER E O USO DE SUBSTÂNCIAS

Compreender os mecanismos neurobiológicos relacionados ao prazer é essencial para elucidar os **comportamentos motivados por recompensas**, como a alimentação, as interações sociais e a busca por realizações. Essa compreensão aprofunda o conhecimento sobre as bases biológicas das emoções e dos processos de aprendizagem, ao mesmo tempo que oferece uma nova perspectiva para a investigação de fenômenos complexos, como o uso e abuso de substâncias. Nesse contexto, este tópico visa descrever o **sistema de recompensa** e sua relação com estímulos prazerosos, além de discutir o efeito do **uso de substâncias** no sistema nervoso.

1.1 Sistema de Recompensa

Sentimos prazer ao realizar atividades como comer uma refeição saborosa, ter relações sexuais ou alcançar conquistas. Esse prazer é mediado pelo **sistema de recompensa**, que envolve a liberação rápida e substancial de **dopamina (DA)** na **via dopaminérgica mesocorticolímbica**. Essa liberação ocorre através dos axônios dos neurônios dopaminérgicos, que se originam na **área tegmental ventral** (mesencéfalo) e se projetam para o **núcleo accumbens** (localizado no estriado ventral) e o **córtex pré-frontal** (neocórtex) (Figura 1). Esse sistema possui um envolvimento tanto com o **sistema límbico**, responsável pelo processamento das emoções, quanto com o **hipocampo**, responsável pela formação de memória declarativa (Formigoni & Duarte, 2018; Stahl, 2014).

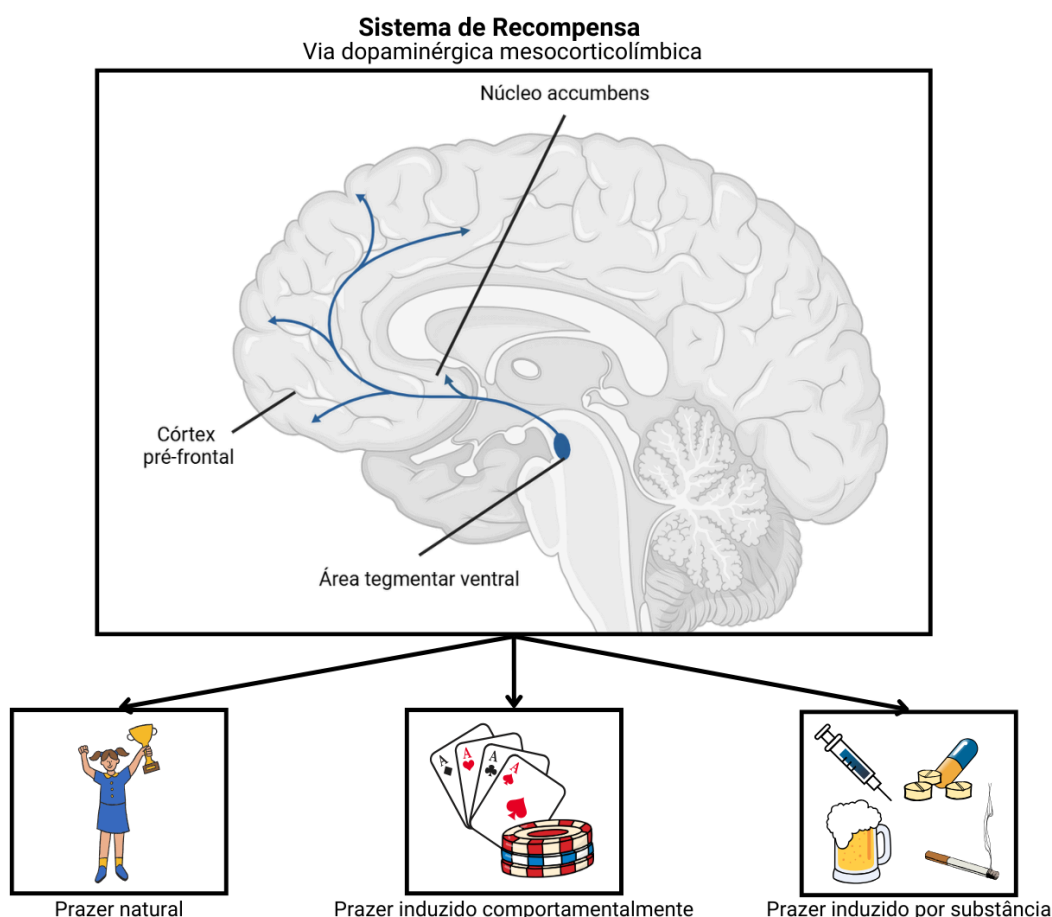


Figura 1. O Sistema de Recompensa (i.e. a via dopaminérgica mesocorticolímbica) é composto pela área tegmental ventral, que libera dopamina em resposta a estímulos prazerosos; o núcleo accumbens, responsável pela mediação do prazer e da motivação; e o córtex pré-frontal, que regula a tomada de decisões e o planejamento. Essa liberação de dopamina ocorre em resposta a prazeres naturais, prazeres induzidos por algum comportamento aditivo (como jogos de azar) e prazer induzidos por substâncias (Fonte: adaptado de Stahl, 2014).

Em um experimento conduzido por Schultz e colaboradores (1997), o papel da dopamina no processo de recompensa foi demonstrado por meio de um paradigma de **condicionamento clássico** (veja o capítulo 2). Nesse estudo, macacos receberam pequenas quantidades de suco como recompensa após a apresentação de um estímulo luminoso. Inicialmente, os **neurônios dopaminérgicos** da área tegmental ventral responderam exclusivamente ao recebimento do suco, indicando que a dopamina estava associada ao estímulo prazeroso. Entretanto, após o pareamento consistente do suco com a luz, esses neurônios passaram a ser ativados pela simples apresentação do estímulo luminoso, mesmo sem o fornecimento imediato do suco. Com o tempo, quando a luz era apresentada sem a entrega do suco, a atividade dos neurônios dopaminérgicos diminuía (Figura 2).

Esse experimento evidenciou como o **aprendizado associativo** ocorre, demonstrando que, assim como os macacos aprendem a associar a luz ao suco, os seres humanos relacionam estímulos, como o aroma de uma refeição, à recompensa esperada. Nesse contexto, a liberação de dopamina desempenha um papel central no aprendizado associativo, funcionando como uma sinalização de recompensa. Isso promove alterações nas conexões sinápticas, conhecidas como plasticidade sináptica, permitindo o armazenamento de memórias relacionadas ao comportamento recompensador (Bear et al., 2017).

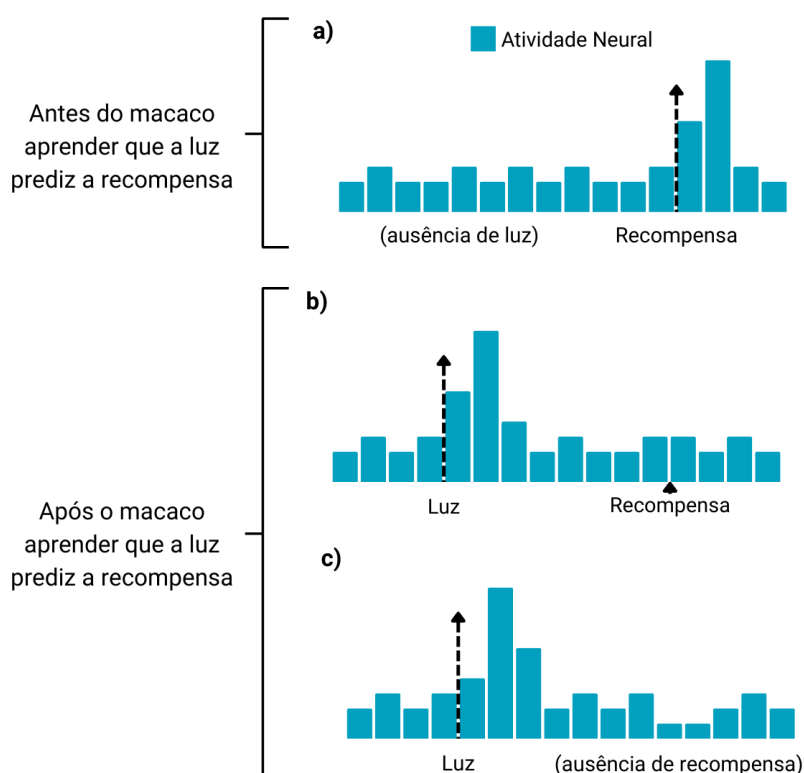


Figura 2. Disparos dos neurônios dopaminérgicos na área tegmental ventral. (a) Os disparos se intensificam após a recompensa, antes do macaco aprender que a luz antecede a recompensa. (b) Após o macaco aprender que a luz antecede a recompensa, os neurônios dopaminérgicos disparam quando a luz acende e não disparam quando a recompensa é cedida. (c) Já quando não há recompensa, os disparos diminuem. (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

Dessa forma, o experimento de Schultz e colaboradores evidenciou que os neurônios dopaminérgicos, não somente sinalizam a presença de uma recompensa esperada, mas também respondem à sua ausência, permitindo que o comportamento do animal seja **ajustado para evitar frustrações futuras**. A recompensa, ao gerar uma sensação de prazer, atua como um **estímulo motivador**, promovendo o aprendizado sobre quais comportamentos são benéficos e devem ser repetidos para alcançar novamente essa sensação. Nesse processo, as memórias associadas ao prazer são recuperadas, direcionando a busca por estratégias que possibilitem a obtenção da recompensa (Schultz et al., 1997; veja os capítulos 1 e 2).

No caso do uso ou abuso de substâncias, indivíduos podem desenvolver adicção, uma vez que essas substâncias promovem uma liberação de dopamina significativamente mais intensa do que os reforçadores naturais, como a alimentação ou atividades de lazer (Stahl, 2014). Essa ativação exacerbada do sistema de recompensa contribui para o reforço do comportamento de busca pela droga, criando um ciclo compulsivo. No próximo tópico, serão discutidos os mecanismos pelos quais o sistema de recompensa reage às substâncias psicoativas.

1.2 Efeito do uso de substâncias no sistema nervoso

Certas drogas de abuso conseguem ativar o sistema de recompensa em uma intensidade que varia de duas a dez vezes maior do que prazeres naturais, além de prolongarem a **sensação de prazer** (Mendez et al., 2010). Isso gera no sistema nervoso a necessidade de buscar um “prazer mais fácil e intenso”, reforçando o uso da substância. Essa ativação excessiva do sistema dopaminérgico desencadeia mecanismos de **alostase**, um processo pelo qual o organismo ajusta seu equilíbrio interno para lidar com estressores ambientais e psicológicos (Koob & Schulkin, 2019). Por meio da alostase, o sistema nervoso central adapta-se às mudanças causadas pelo uso contínuo da substância.

Esse processo de adaptação inclui a redução do número de receptores de dopamina, caracterizando uma **downregulação** (diminuição da atividade) do **sistema de recompensa**. Paralelamente, há um aumento na atividade do **sistema de antirrecompensa**, que envolve a **amígdala** e está associado as respostas ao estresse. O sistema de antirrecompensa contribui para sensações de **mal-estar, ansiedade e depressão**. Assim, o estado de alostase faz com que o indivíduo passe a necessitar da substância para **evitar sentimentos negativos**, perpetuando o ciclo do uso contínuo (Koob & Le Moal, 2008; Koob, 2009).

Com o uso repetido, a eficácia da substância diminui, fenômeno conhecido como **tolerância**. Inicialmente, a droga gera uma resposta significativa, mas, com o tempo, doses maiores tornam-se necessárias para alcançar o mesmo efeito (Swift & Lewis, 2009). A **abstinência**, por sua vez, ocorre quando o sistema nervoso, já adaptado à presença da substância, necessita dela para manter o estado de **alostase**. Durante esse estado, os sintomas experimentados são opostos aos efeitos agudos das drogas, incluindo uma redução significativa nos níveis de dopamina, particularmente no núcleo accumbens. Essa **depleção dopaminérgica** é consequência do excesso de liberação prévia dessa substância, desencadeando um desejo intenso e incontrolável de consumir a droga novamente, conhecido como **fissura**. A fissura manifesta-se por alterações de humor e sensações físicas desconfortáveis, que intensificam a busca compulsiva pela substância (Formigoni et al., 2017; Koob & Volkow, 2010).

Koob e Le Moal (1997) descrevem a **adicção** como um ciclo contínuo e repetitivo dividido em três fases principais: **preocupação/antecipação, intoxicação/binge** e **abstinência/efeito negativo**. Na fase de **preocupação**, o indivíduo torna-se obcecado pela substância, buscando maneiras de obtê-la. Durante a fase de **intoxicação**, ocorre o consumo excessivo (*binge*), muitas vezes acompanhado de comportamentos impulsivos e perigosos. Por fim, a fase de **abstinência** manifesta-se com alterações comportamentais, como humor deprimido, ansiedade e irritabilidade. Esses sintomas desagradáveis geram uma motivação intensa para reiniciar o ciclo, buscando novamente a substância como forma de alívio (Meyer & Quenzer, 2019). A Figura 3 ilustra esse ciclo.

Além disso, há evidências de que **estímulos ambientais** podem influenciar significativamente o **risco de recaída**, um fenômeno conhecido como “condicionamento” ambiental. Por exemplo, no experimento mencionado anteriormente por Schultz, o macaco associou a luz à obtenção de suco. De maneira análoga, no caso das substâncias de abuso, um

indivíduo pode, ao retornar a um local onde costumava consumir a droga, experimentar um forte desejo de utilizá-la novamente devido à associação estabelecida entre o ambiente e o uso da substância.

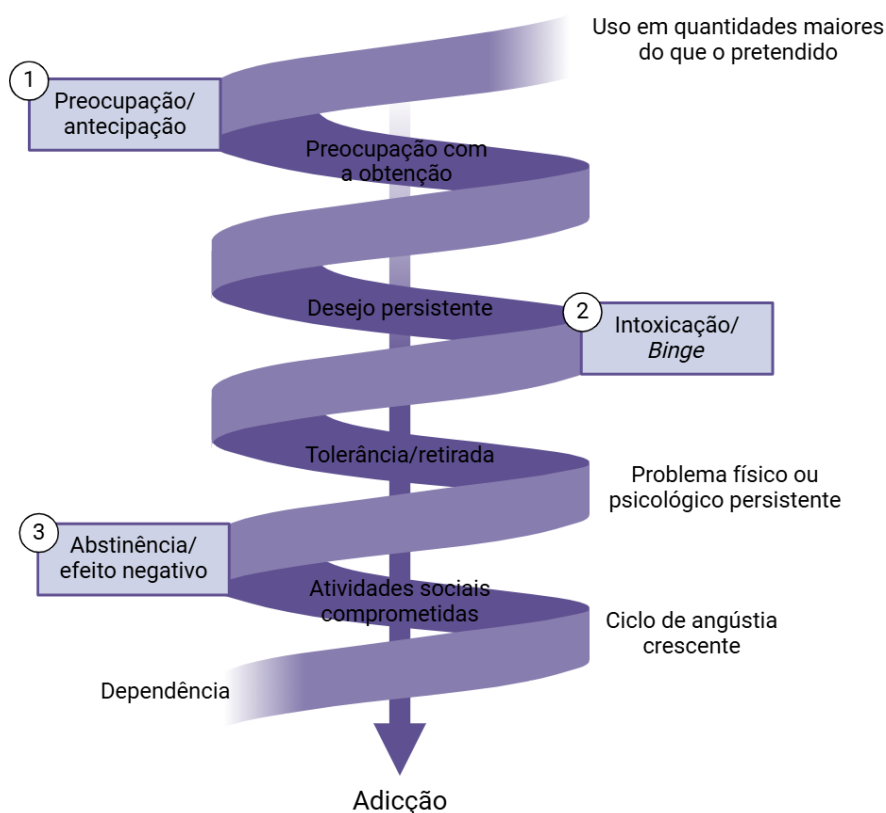


Figura 3. Ciclo do transtorno por uso de substâncias. A primeira fase, denominada Preocupação/antecipação, caracteriza-se pelo desejo persistente e pela preocupação constante em obter a substância. Em seguida, na fase de Intoxicação/ Binge, ocorre o uso compulsivo da substância, levando a estados de intoxicação e reforçando os circuitos de recompensa. Por fim, na fase de Abstinência/efeito negativo, surgem sintomas de desconforto físico e emocional, que comprometem atividades sociais, profissionais e pessoais. Esse desconforto intensifica o ciclo, aumentando a probabilidade de recaída e a busca contínua pela substância (Fonte: adaptado de Koob & Le Moal, 1997).

Em resumo, a adicção química caracteriza-se pela **modificação dos circuitos encefálicos**, especialmente do sistema de recompensa, levando a sintomas desagradáveis durante a abstinência e aumentando a necessidade de doses maiores para evitar esses efeitos negativos (Meyer & Quenzer, 2019). O uso contínuo pode levar à **perda de controle** sobre o comportamento de consumo, impactando negativamente diversas áreas da vida do indivíduo. No próximo tópico descreveremos os tipos de substâncias psicoativas e o impacto dessas no comportamento e na aprendizagem.

Para aprofundar seu conhecimento sobre este tema, assista aos TED Talks abaixo:

- Vídeo "O que causa a adicção e por que é tão difícil de tratar?": [Judy Grisel: What causes addiction, and why is it so hard to treat? | TED Talk](#)
- Vídeo "O que causa a adicção em opioides, e por que é tão difícil combatê-lo?": [Mike Davis: What causes opioid addiction, and why is it so tough to combat? | TED Talk](#)

2 TIPOS DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS E SEU IMPACTO NO COMPORTAMENTO E NA APRENDIZAGEM

Como vimos no tópico anterior, as substâncias psicoativas afetam profundamente o sistema de recompensa, promovendo uma liberação de dopamina muito mais intensa do que os estímulos naturais (Nestler, 2005). Essa resposta acentuada modifica as vias neurais de aprendizagem e memória, associando o uso da substância a uma sensação de prazer amplificada, reforçando o comportamento de busca pela droga (Everitt & Robbins, 2016).

Além disso, no Brasil, dados do Relatório Brasileiro sobre Drogas (2021) indicam que o álcool (74,6%) e o tabaco (44%) são as drogas lícitas mais consumidas, enquanto a maconha (8,8%) e a cocaína (2,9%) lideram entre as ilícitas. Esses números revelam que a discussão sobre o uso de substâncias não se limita apenas às drogas ilícitas, frequentemente associadas à adicção, mas também qualquer substância psicoativa utilizada de forma não terapêutica. Nesse sentido, a seguir explanaremos os tipos de substâncias psicoativas, seus mecanismos de ação e efeitos no comportamento, além do impacto do uso de substâncias no processo de aprendizagem.

2.1 Substâncias psicoativas

As **substâncias psicoativas** são aquelas que possuem a capacidade de alterar o sistema nervoso central (SNC), afetando aspectos como cognição, comportamento, percepção, consciência e humor (Bear et al., 2017). Elas podem ser classificadas de diferentes maneiras, como pelo tipo de alteração farmacológica que causam no sistema nervoso, pela sua legalidade (lícitas ou ilícitas), ou pela sua natureza (sintética ou natural). Neste capítulo, adotaremos a classificação mais amplamente difundida, baseada no tipo de ação que a substância exerce no sistema nervoso, segundo Louis Chaloult. De acordo com essa abordagem, as substâncias são classificadas em três categorias principais: **depressoras**, **estimulantes** e **perturbadoras** (Alarcón, 2012). A seguir, descreveremos essas categorias de substâncias psicoativas e seus respectivos mecanismos de ação, e, adicionalmente, falaremos sobre os nootrópicos, conhecidos como “smart drugs” (ou drogas da inteligência).

2.1.1 Substâncias Depressoras

As substâncias depressoras **reduzem a atividade do SNC**, resultando em um efeito calmante e na diminuição do estado de alerta. Entre os exemplos mais comuns estão o álcool, os benzodiazepínicos (fármacos utilizados no tratamento da insônia e da ansiedade) e os opiáceos, como a morfina e a codeína. Essas substâncias atuam **aumentando** principalmente a atividade do **neurotransmissor inibitório GABA (ácido gama-aminobutírico)**. O álcool também participa de outros sistemas neurotransmissores, incluindo os sistemas glutamatérgico e serotoninérgico, assim como interage com receptores canabinoides e opioides (Julien et al., 2023). O aumento da ação do GABA **diminui a excitabilidade neuronal**, gerando efeitos sedativos e relaxantes. No entanto, os opiáceos agem de maneira distinta, ligando-se aos receptores opioides do sistema nervoso, **inibindo a liberação de neurotransmissores excitatórios** como o **glutamato** (Meyer & Quenzer, 2019). Esse efeito reduz a percepção da dor e pode causar euforia, explicando seu potencial de abuso e adicção.

2.1.2 Substâncias Estimulantes

As substâncias estimulantes intensificam a atividade do SNC ao aumentar a liberação ou a ação de neurotransmissores como **dopamina (DA)** e **noradrenalina (NA)**, resultando em maior estado de **alerta, energia e excitação**. Esse efeito contrasta com o de substâncias como os benzodiazepínicos, que aumentam a atividade GABAérgica e, conseqüentemente, exercem um efeito inibitório no SNC. Exemplos de substâncias estimulantes incluem a cafeína, a nicotina (presente no tabaco) e os derivados de anfetaminas, como o Venvanse, que contribui para a melhora da capacidade de concentração e é amplamente utilizado no tratamento do Transtorno de Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) (Julien et al., 2023).

Em síntese, as drogas estimulantes agem **aumentando a liberação ou inibindo a recaptação de neurotransmissores excitatórios**, como a DA e NA, tornando-os mais disponíveis e

aumentando a atividade neuronal. No entanto, o uso prolongado ou em altas doses pode causar efeitos colaterais como insônia, ansiedade e até levar à adicção (Farzam et al., 2024).

2.1.3 Substâncias Perturbadoras

As substâncias perturbadoras, também conhecidas como **psicodélicas** ou **alucinógenas**, são aquelas que alteram profundamente o funcionamento normal do SNC, provocando **distorções perceptuais e cognitivas**, como alterações na percepção de tempo, espaço e sensações. Essas substâncias afetam a consciência, induzindo frequentemente estados mentais não usuais, como alucinações, sinestesias e uma sensação alterada de realidade. Exemplos incluem a maconha e o MDMA (3,4-metilenodioximetanfetamina), conhecido como ecstasy.

Essas substâncias apresentam mecanismos de ação variados. No caso da maconha, seus componentes, como o tetraidrocanabinol (THC) e o canabidiol (CBD), atuam nos receptores canabinoides (CB1 e CB2). O THC, principal componente psicoativo, se liga a esses receptores, **modulando a liberação de neurotransmissores**, como o **GABA** e a **dopamina**. Por outro lado, o MDMA atua principalmente como um liberador de **serotonina** e **noradrenalina**, promovendo euforia, empatia e redução da ansiedade por meio da ativação dos receptores 5-HT1A e 5-HT1B. Além disso, o MDMA aumenta a liberação de **oxitocina**, intensificando os estados de euforia e as alterações na sensibilidade sensorial (Sessa et al., 2019).

2.1.4 Nootrópicos

Além da classificação convencional das substâncias psicoativas, destaca-se o grupo dos **nootrópicos**, substâncias que têm como principal objetivo, real ou hipotético, a **melhoria da função cognitiva**. Popularmente conhecidas como “smart drugs” ou “drogas da inteligência”, essas substâncias são frequentemente utilizadas no tratamento de transtornos como o Transtorno de Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e a Doença de Alzheimer (Dos Santos, 2019). Os nootrópicos podem ser classificados em duas categorias principais: **naturais**, como a Bacopa Monnieri, um fitoterápico amplamente utilizado na medicina tradicional, e **sintéticos**, como o modafinil, o qual é prescrito principalmente para o tratamento da narcolepsia.

O mecanismo de ação dos nootrópicos varia conforme a substância, incluindo psicoestimulantes (detalhados no tópico 2.1.2) e agentes que atuam por vias menos específicas, como nutrientes e antioxidantes. Alguns nootrópicos, como os fitoterápicos, possuem mecanismos de ação ainda não totalmente compreendidos, sendo classificados com base em sua estrutura química (Schifano et al., 2022).

Embora o uso de nootrópicos para fins terapêuticos seja amplamente aceito, sua utilização por indivíduos saudáveis, em busca de maior desempenho cognitivo, levanta **preocupações éticas e de segurança**. Há escassez de evidências científicas robustas que confirmem a eficácia e a segurança dessas substâncias no longo prazo, o que traz implicações potenciais para a saúde cerebral e o equilíbrio cognitivo (Cunha et al., 2021). Esse cenário evidencia a necessidade de cautela e maior regulação no uso dessas substâncias.

2.2 Impacto do uso de substâncias psicoativas na aprendizagem

O uso de substâncias psicoativas afeta diretamente o processo de aprendizagem, impactando a aquisição, a retenção e a recuperação de informações. Como vimos anteriormente, o sistema de recompensa está ligado à memória, e a interação entre substâncias psicoativas e o aprendizado é um tema de crescente relevância, especialmente entre estudantes universitários, que frequentemente recorrem a essas substâncias para lidar com o estresse acadêmico ou

melhorar o desempenho cognitivo. No entanto, o uso abusivo pode levar a adicção, **comprometimento acadêmico** e **problemas de saúde mental** (Ford, 2008).

Entre as substâncias mais utilizadas para fins de melhora cognitiva estão os **estimulantes** e os **nootrópicos**. O metilfenidato, conhecido como Ritalina, é amplamente prescrito para TDAH, mas também é utilizado de forma não terapêutica por estudantes para aumentar a atenção e a memória. Apesar de benefícios a curto prazo, como melhora no foco, o uso prolongado e sem supervisão pode causar efeitos adversos, como insônia, ansiedade, adicção e problemas cardiovasculares (Alves & Andrade, 2022).

Por outro lado, nootrópicos como o modafinil também são usados por sua capacidade de inibir a recaptação de dopamina, embora apresentem mecanismos de ação distintos do metilfenidato. Apesar de seus efeitos eufóricos e de aumento do estado de alerta, há indícios de que o uso não terapêutico pode **prejudicar a plasticidade do córtex pré-frontal**, comprometendo a aprendizagem, especialmente em cérebros ainda em desenvolvimento, como o de crianças e adolescentes. O uso indiscriminado de nootrópicos pode desbalancear o sistema neural cognitivo saudável, com potenciais impactos negativos na capacidade de aprendizado (Schifano et al., 2022).

Além disso, o consumo de **substâncias depressoras**, como o álcool, também afeta significativamente a aprendizagem e o desenvolvimento cerebral. Estudos apontam que o consumo excessivo de álcool durante a adolescência, especialmente em padrões de *binge drinking* (ingestão de grandes quantidades de bebida em um curto período), está associado à redução do volume de massa cinzenta em áreas cerebrais cruciais para funções executivas, como o lobo frontal, afetando habilidades como tomada de decisão e controle de impulsos (Lees et al., 2020). Esses impactos ressaltam a vulnerabilidade do encéfalo em desenvolvimento e reforçam a importância de intervenções preventivas.

Assim, embora algumas substâncias possam trazer benefícios temporários para o desempenho cognitivo, os riscos associados ao uso não terapêutico superam os ganhos potenciais, exigindo uma abordagem criteriosa e informada em relação ao consumo dessas substâncias no contexto acadêmico.

3 PREVENÇÃO, REDUÇÃO DE DANOS E TRATAMENTO PARA O USO ABUSIVO DE SUBSTÂNCIAS

O uso de substâncias psicoativas entre jovens é uma questão de saúde pública global que demanda atenção urgente. A adolescência e o início da vida adulta são períodos críticos tanto para o desenvolvimento de padrões de comportamento, que podem influenciar a saúde ao longo da vida, quanto para o desenvolvimento de transtornos mentais (veja o capítulo 3 e 4). Como vimos anteriormente, o uso de substâncias, seja de álcool, tabaco ou drogas ilícitas, gera grandes impactos na saúde física, mental e social dos jovens, sendo assim essencial abordagens direcionadas para esse grupo etário. A partir disso, a **prevenção**, a **redução de danos (RD)** e o **tratamento** são componentes fundamentais para mitigar os riscos associados ao uso de substâncias (Stockings et al., 2016).

3.1 Prevenção

A prevenção busca impedir o início do uso de substâncias e, quando não possível, retardá-lo e minimizar os riscos associados. Estratégias de prevenção podem ser aplicadas ao **nível populacional**, como campanhas públicas, e ao **nível individual**, como intervenções educacionais e psicossociais.

No contexto escolar, as **intervenções preventivas** que envolvem o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais são mais eficazes do que aquelas que apenas fornecem informações sobre os perigos do uso de substâncias. Isso ocorre porque abordagens focadas em habilidades fortalecem a resiliência e a capacidade de tomar decisões saudáveis frente à pressão dos pares. Além disso, programas voltados para as famílias, que promovem o monitoramento parental, o estabelecimento de regras claras e uma comunicação aberta, são particularmente eficazes na prevenção do uso de substâncias (Stockings et al., 2016).

3.2 Redução de danos

A **RD** é uma abordagem voltada para minimizar os riscos associados ao uso de substâncias, sem exigir a interrupção total do consumo. Segundo Lima et al. (2021), as estratégias de RD visam proteger tanto o indivíduo quanto a sociedade, reduzindo os danos relacionados ao uso de substâncias lícitas e ilícitas. É uma abordagem pragmática que reconhece que a abstinência nem sempre é uma meta imediata ou viável para todos os usuários.

No plano individual, a RD inclui medidas práticas para tornar o **uso de substâncias mais seguro**. Em casos de uso recreativo, Fernandes (2020) destaca a importância de consumir água adequadamente, conhecer as dosagens seguras, evitar a mistura de substâncias e contar com uma rede de apoio durante o uso recreativo de substâncias estimulantes e perturbadoras. Além disso, a disseminação de informações sobre os efeitos de curto e longo prazo das substâncias é fundamental para uma RD eficaz (Galvão, 2020), ajudando os usuários a tomar decisões mais conscientes e reduzindo o risco de overdose ou complicações graves.

Algumas práticas específicas de RD incluem ações voltadas ao uso mais seguro de substâncias que exigem prescrição médica, como os nootrópicos utilizados para fins de aprendizado. Fernandes (2020) alerta que o uso prolongado de nootrópicos sem acompanhamento adequado pode trazer uma série de malefícios, que vão desde a adicção até problemas neurológicos e cardiovasculares. Outro estudo de Sun et al. (2024) sugere que o controle do estresse e a promoção de hábitos saudáveis, como a prática de exercícios físicos e uma alimentação balanceada, podem ajudar a evitar a sobrecarga acadêmica e reduzir a necessidade de recorrer a essas substâncias.

A RD também abrange **ações coletivas e políticas públicas**, como programas de troca de seringas e a oferta de testes rápidos para HIV e hepatites entre usuários de drogas injetáveis, que se mostram eficazes na prevenção de infecções, beneficiando tanto os usuários quanto a comunidade. Campanhas de conscientização em massa, aliadas a medidas como a testagem aleatória nas estradas, também contribuem para a redução de acidentes de trânsito relacionados ao uso de substâncias (Stockings et al., 2016).

3.3 Tratamento

O tratamento para o uso abusivo de substâncias psicoativas é uma questão complexa que envolve **intervenções farmacológicas, psicoterapêuticas** e de **reabilitação social**. Devido às diversas substâncias envolvidas e às diferentes fases do uso abusivo, como adicção, abstinência e recaída, os tratamentos são ajustados às necessidades individuais do paciente e à substância em questão. Cada pessoa que sofre com o abuso de substâncias tem uma história única, com fatores biológicos, psicológicos e sociais diferentes que influenciam o desenvolvimento e a manutenção da adicção. Portanto, os tratamentos precisam ser individualizados, considerando fatores como a substância usada, a duração do abuso, a saúde física e mental do paciente, e sua rede de suporte. Neste tópico abordaremos os possíveis tratamentos farmacológicos, psicoterapêuticos e de reinserção social abordados por Meyer & Quenzer (2019).

3.3.1 Tratamentos farmacológicos

O uso de medicamentos no tratamento de abuso de substâncias pode ser dividido em três categorias principais: **tratamento da intoxicação aguda**, **prevenção de recaídas** e **tratamento da abstinência**. Esses tratamentos procuram reduzir os sintomas da abstinência, prevenir a recaída e auxiliar na recuperação do paciente.

No **tratamento da abstinência**, durante a interrupção do uso de substâncias, o paciente pode experimentar sintomas que variam de leves a graves, dependendo da substância e da duração do uso. Para aliviar esses sintomas e estabilizar o paciente sem a necessidade de recorrer à substância, medicamentos são frequentemente utilizados. No caso dos opioides, por exemplo, medicamentos como metadona e buprenorfina são empregados para amenizar os sintomas de abstinência e reduzir o desejo. Já para o álcool, benzodiazepínicos são frequentemente prescritos para prevenir crises de abstinência, como convulsões.

A **prevenção de recaídas** é outro aspecto fundamental do tratamento, pois muitos pacientes enfrentam gatilhos ambientais e psicológicos que podem levá-los a retomar o uso da substância. Certos medicamentos ajudam a reduzir o desejo ou bloqueiam os efeitos prazerosos que a substância proporciona. No caso do álcool, o dissulfiram é utilizado para desencorajar o consumo, provocando uma reação adversa ao seu uso. Além disso, a naltrexona, um antagonista de opioides, pode ser empregada para reduzir o desejo tanto por álcool quanto por opioides, bloqueando seus efeitos eufóricos.

Em um estudo realizado por Volpicelli et al. (1992) investigou-se a eficácia da naltrexona, em combinação com a terapia de habilidades de enfrentamento, na prevenção de recaídas em pacientes com transtorno por uso de álcool. O estudo foi conduzido ao longo de 12 semanas e dividiu os participantes em dois grupos: um grupo recebeu naltrexona associada à terapia, enquanto o outro grupo recebeu placebo juntamente com a mesma terapia. Ao final do período de 12 semanas, os resultados indicaram uma diferença significativa nas taxas de recaída entre os grupos. Aproximadamente 70% dos participantes que receberam o placebo recaíram, em comparação com 30% de recaída no grupo que recebeu naltrexona. Esses dados demonstram que a combinação de naltrexona com a terapia de habilidades de enfrentamento é substancialmente mais eficaz na prevenção de recaídas do que o placebo associado à terapia (Figura 4).

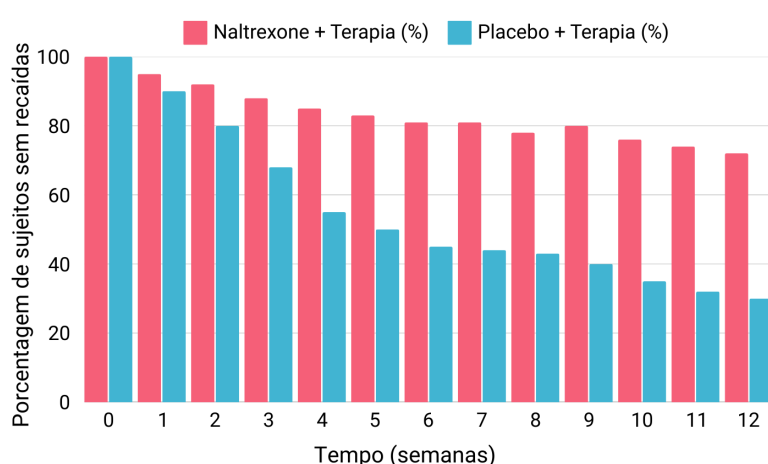


Figura 4. Eficácia da Naltrexona no tratamento do transtorno por uso de álcool. A combinação de naltrexona com terapia de habilidades de enfrentamento mostrou-se mais eficaz na prevenção de recaídas em comparação ao placebo combinado com a mesma terapia, em um período de 12 semanas. Ao final desse período, aproximadamente 70% dos participantes do grupo placebo recaíram, em contraste com cerca de 30% no grupo que recebeu naltrexona (Fonte: adaptado de Meyer & Quenzer, 2019, cap. 10).

Assim, o uso de medicamentos no tratamento do abuso de substâncias é uma estratégia crucial para manejar tanto os sintomas imediatos da abstinência quanto a prevenção a longo prazo das recaídas (Meyer & Quenzer, 2019, cap. 10).

3.3.2 Tratamentos psicoterapêuticos

As **terapias comportamentais e cognitivas** são uma abordagem fundamental no tratamento da adicção química, auxiliando os indivíduos a reconhecerem as situações que desencadeiam o uso de substâncias e a desenvolverem estratégias para lidar com esses gatilhos de maneira saudável. Essa abordagem se concentra na identificação e modificação de pensamentos disfuncionais e comportamentos destrutivos, promovendo, assim, habilidades de enfrentamento mais eficazes e duradouras. Essas terapias, frequentemente combinadas com tratamentos farmacológicos, visam aumentar a eficácia do processo de recuperação, abordando tanto os aspectos psicológicos quanto os biológicos da adicção.

Além disso, a **terapia de grupo e o apoio social** desempenham um papel essencial no tratamento. A participação em grupos de apoio, como Alcoólicos Anônimos (AA) ou Narcóticos Anônimos (NA), é vital para muitos pacientes, ao oferecer um ambiente onde os indivíduos podem compartilhar experiências, receber incentivo e aprender com os desafios e sucessos de outros. Esses grupos proporcionam um suporte emocional importante, contribuindo para a manutenção da recuperação (Meyer & Quenzer, 2019, cap. 10 e 11)

3.3.3 Reabilitação e reinserção social

Após o tratamento inicial, muitos pacientes precisam de suporte contínuo para evitar recaídas e manter a sobriedade. Programas de **reabilitação de longo prazo** ou **reintegração social** podem incluir educação, formação profissional e assistência na busca por emprego. O objetivo é restaurar a funcionalidade do indivíduo na sociedade, fornecendo-lhe as ferramentas necessárias para levar uma vida produtiva sem o uso de substâncias (Meyer & Quenzer, 2019, cap. 10).

No Brasil, o acesso aos recursos de reabilitação e reinserção social para pessoas em recuperação do uso abusivo de substâncias é garantido principalmente pelo Sistema Único de Saúde (SUS), que oferece uma rede de serviços especializados. Estes serviços integram-se ao **Plano Nacional de Políticas sobre Drogas (PNAD)**, que visa proporcionar atendimento integral, abrangendo a prevenção, o tratamento, a reabilitação e a reinserção social.

A **Rede de Atenção Psicossocial (RAPS)**, instituída pelo Ministério da Saúde, é uma estratégia fundamental para o cuidado de pessoas com transtornos decorrentes do uso de substâncias. Ela organiza o atendimento em diferentes níveis de complexidade, garantindo acesso a serviços de saúde mental e reabilitação em todo o território nacional. A principal unidade RAPS para tratamento de uso abusivo de substâncias são os **Centros de Atenção Psicossocial Álcool e Drogas (CAPS AD)**, que oferecem acompanhamento multiprofissional, incluindo psicoterapia, suporte social, atendimento médico e ações de reinserção social. O tratamento pode ser ambulatorial ou intensivo, dependendo da gravidade do caso.

Além do serviço ambulatorial, outra opção são as **comunidades terapêuticas**, as quais são instituições de caráter privado ou filantrópico que oferecem tratamento em **regime residencial** para pessoas com adicção. No Brasil, muitas dessas comunidades são conveniadas ao governo e atendem gratuitamente. Para compreender mais sobre o funcionamento dos serviços de tratamento do uso de substâncias, leia a Cartilha da Rede de Atenção Psicossocial (RAPS, 2021), disponível no material complementar.

RESUMO

- O sistema de recompensa no encéfalo, composto pelo núcleo accumbens, área tegmental ventral e córtex pré-frontal, é ativado pela liberação de dopamina durante atividades prazerosas. Os neurônios dopaminérgicos respondem tanto a recompensas quanto a sinais que as antecedem, ajustando o comportamento quando a recompensa não ocorre. Drogas de abuso intensificam a liberação de dopamina, superando prazeres naturais e reforçando comportamentos de busca repetitiva dessas substâncias.
- As drogas de abuso aumentam a liberação de dopamina de forma mais intensa que prazeres naturais, o que pode alterar as vias neurais relacionadas à aprendizagem e à memória, levando à adicção.
- As substâncias psicoativas são classificadas em depressoras, estimulantes e perturbadoras e os nootrópicos, que, embora utilizados para melhorar a função cognitiva, podem apresentar riscos, especialmente quando usados de forma não terapêutica. Foram apresentados os riscos associados ao uso prolongado e não terapêutico de estimulantes como a Ritalina e nootrópicos como o modafinil.
- A prevenção, a redução de danos e o tratamento do uso de substâncias entre jovens devem ser abordagens integradas que considerem as particularidades dessa fase da vida, como o desenvolvimento psicológico e social, além do contexto familiar e cultural.
- A disseminação de informações científicas, a implementação de políticas públicas eficazes e a criação de redes de apoio são essenciais para mitigar os impactos negativos do uso de substâncias.
- Estratégias pragmáticas, como a Redução de Danos, oferecem uma forma equilibrada e eficaz de reduzir riscos sem exigir abstinência imediata, proporcionando um ambiente mais seguro para os jovens enquanto buscam formas de enfrentar o uso problemático.
- O tratamento para o abuso de substâncias é multifacetado, combinando abordagens farmacológicas e psicoterapêuticas com suporte social e reabilitação de longo prazo. Embora a medicação ajude a aliviar os sintomas de abstinência e prevenir recaídas, as mudanças comportamentais e a reintegração social são essenciais para uma recuperação sustentável. A combinação dessas abordagens oferece o melhor caminho para a recuperação e a manutenção de uma vida sem substâncias.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. O sistema dopaminérgico está associado somente ao prazer imediato e não ao processo de aprendizagem e memória. ()
2. A interação entre o uso de substâncias psicoativas e a aprendizagem é irrelevante, pois o uso de tais substâncias não afeta como as informações são adquiridas ou retidas. ()
3. As drogas de abuso podem ativar o sistema de recompensa do cérebro até dez vezes mais intensamente do que os prazeres naturais, e a sensação de prazer proporcionada por essas drogas é duradoura. ()
4. Utilizar de substâncias psicoativas de forma não terapêutica, como, por exemplo, a Ritalina, para melhorar o desempenho acadêmico não traz malefícios físicos e psicológicos. ()
5. Os tratamentos para dependência química incluem somente intervenções farmacológicas, como o uso de medicamentos para aliviar os sintomas de abstinência. ()

Respostas:

1. Falso. A dopamina está envolvida em ajustar o comportamento para maximizar a obtenção de prazer e evitar frustrações futuras. Esse ajuste comportamental ocorre através do aprendizado, onde a dopamina ajuda a armazenar memórias associadas à recompensa, como demonstrado pelo experimento de Schultz com macacos. Assim, o sistema dopaminérgico contribui tanto para a sensação de prazer quanto para a formação e recuperação de memórias relacionadas a recompensas (Bear et al., 2017; Schultz et al., 1997).
2. Falso. O impacto das substâncias psicoativas no sistema de recompensa pode alterar as vias neurais envolvidas na aprendizagem e na memória, fazendo com que o cérebro associe a droga a uma intensa sensação de prazer, reforçando o comportamento de seu uso. (Everitt & Robbins, 2016)
3. Verdadeiro. Drogas de abuso podem aumentar a liberação de dopamina de duas a dez vezes mais do que os prazeres naturais, resultando em uma sensação de prazer muito mais intensa e duradoura (Mendez et al., 2010). Essa ativação excessiva do sistema de recompensa leva a uma resposta neurobiológica que reforça o comportamento de uso da substância, criando um ciclo de busca por essa sensação de prazer (Everitt & Robbins, 2016).
4. Falso. Seu uso não terapêutico a curto prazo pode causar malefícios físicos e psicológicos, como, por exemplo, insônia, redução de apetite, ansiedade, dores abdominais e de cabeça. Enquanto o uso não terapêutico de longo prazo pode causar adicção e problemas cardiovasculares (Alves & Andrade, 2022).
5. Falso. Além das intervenções farmacológicas, os tratamentos para dependência química incluem terapias psicossociais, como terapia cognitivo-comportamental, grupos de apoio e reabilitação social, os quais são fundamentais para uma recuperação completa (Meyer & Quenzer, 2019).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 5: Neurobiologia do prazer e uso e abuso de substâncias](#)
- Videoaula: [MÓDULO 5: Prevenção, redução de danos e tratamento do uso de substâncias](#)

MATERIAL COMPLEMENTAR

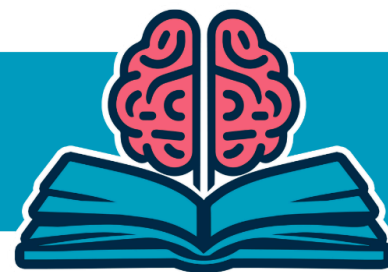
- [II Relatório Brasileiro sobre Drogas](#)
- [Cartilha da Rede de Atenção Psicossocial \(RAPS\)](#)
- Vídeo: [O que causa a adicção e por que é tão difícil de tratar?](#)
- Vídeo: [O que causa a adicção em opioides, e por que é tão difícil combatê-lo?](#)
- Leitura complementar: [Efeitos de substâncias psicoativas](#)

REFERÊNCIAS

- Alarcon, S., & Aurélio, M. (2012). *Álcool e outras drogas: diálogos sobre um mal-estar contemporâneo*. Editora Fiocruz.
- Alves, F. W. L., & Andrade, L. G. de. (2022). USO DO METILFENIDATO PARA O MELHORAMENTO ACADÊMICO. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências E Educação*, 8(3), 491–502.
<https://doi.org/10.51891/rease.v8i3.4607>
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Artmed Editora.
- Brasil, Ministério da Justiça, Secretaria Nacional de Políticas sobre Drogas. (2017). *Neurobiologia: mecanismos de reforço e recompensa no uso de drogas de abuso*. In *Aberta: portal de formação a distância*. Florianópolis: UFSC.

- Castro, B., & Brandão, E. R. (2020). Aprimoramento cognitivo e uso de substâncias: um estudo em torno da divulgação midiática brasileira sobre “smart drugs” e nootrópicos. *Teoria e Cultura*, 15(2).
- Cunha, F., Murilo Mariano Vilaça, & Maria Clara Dias. (2021). Aprimoramento cognitivo: técnicas e controvérsias. *Ethic – an International Journal for Moral Philosophy*, 20(1), 57–87. <https://doi.org/10.5007/1677-2954.2021.e79915>
- Díaz, M. M., Contreras, A. E. R., Gómez, B. P., Romano, A., Caynas, S., & García, O. P. (2010). El cerebro y las drogas, sus mecanismos neurobiológicos. *Salud mental*, 33(5), 451–456.
- Everitt, B. J., & Robbins, T. W. (2016). Drug Addiction: Updating Actions to Habits to Compulsions Ten Years On. *Annual Review of Psychology*, 67(1), 23–50. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033457>
- Farzam K, Faizy RM, Saadabadi A. Stimulants. [Updated 2023 Jul 2]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539896/>
- Fernandes, J. D. F. (n.d.). *Estratégias de redução de danos em estudantes universitários que fazem uso de drogas*. <https://doi.org/10.11606/d.59.2020.tde-01092021-071909>.
- Ford, J. A., & Schroeder, R. D. (2008). Academic Strain and Non-Medical Use of Prescription Stimulants among College Students. *Deviant Behavior*, 30(1), 26–53. <https://doi.org/10.1080/01639620802049900>
- Formigoni, M. L. O. D. S., Kessler, F. H. P., Pechansky, F., Baldisserotto, C. F. P., & Abrahão, K. P. (2017). *Neurobiologia: mecanismos de reforço e recompensa e os efeitos biológicos comuns às drogas de abuso*. Curso EAD SUPERA. Brasília, DF: MJC, 2017. Módulo 2, Capítulo 1, p. 13-27.
- Galvão, D. (2020). *A universidade não é a cara do cuidado: como a redução de danos pode diminuir vulnerabilidades na universidade?* - InformaSUS-UFSCar. InformaSUS-UFSCar - Comunicação Social Em Covid-19. <https://informasus.ufscar.br/a-universidade-nao-e-a-cara-do-cuidado-como-a-reducao-de-danos-pode-diminuir-vulnerabilidades-na-universidade/>
- Graeff, F. G. & Guimarães, F. S. (1999). *Fundamentos de psicofarmacologia*. Atheneu.
- Julien, R., Advokat, C. D., & Comaty, J. E. (2023). *Julien 's Primer of Drug Action (International Edition)*. Worth Publishers.
- Koob GF. Dynamics of neuronal circuits in addiction: reward, antireward, and emotional memory. *Pharmacopsychiatry*. 2009 May;42 Suppl 1(Suppl 1):S32-41. doi: 10.1055/s-0029-1216356. Epub 2009 May 11. PMID: 19434554; PMCID: PMC2739305.
- Koob GF, & Le Moal M. Drug abuse: hedonic homeostatic dysregulation. *Science*. 1997 Oct 3;278(5335):52-8. doi: 10.1126/science.278.5335.52. PMID: 9311926.
- Koob, G. F., & Le Moal, M. (2008). Addiction and the brain antireward system. *Annual review of psychology*, 59, 29–53. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093548>
- Koob, G. F., & Schalkin, J. (2019). Addiction and stress: An allostatic view. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 106, 245–262. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.09.008>
- Koob, G. F., & Volkow, N. D. (2010). Neurocircuitry of Addiction. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 217–238. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.110>
- Lees, B., Meredith, L. R., Kirkland, A. E., Bryant, B. E., & Squeglia, L. M. (2020). Effect of alcohol use on the adolescent brain and behavior. *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, 192, 172906. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2020.172906>
- Lima, A. Y. G. de, Ortolan, M. V., Sempé, T. da S., Prado, V. D. do. Redução de danos e abstinência. [s.l]: Liga acadêmica sobre o fenômeno das drogas, 2021. *Cartilha*. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/601146/2/cartilha%20rd%20e%20abstin%c3%aancia.pdf>
- Malbegier, A., Amaral, R. A. D., França Junior, D. B., Cardoso, L. P., Oliveira, A. E. F. D., Salgado, C. L., ... & Dias, R. D. S. (2013). Álcool e outras drogas: conceitos básicos.
- Meyer, J. S., & Quenzer, L. F. (2019). *Psychopharmacology: Drugs, the brain, and behavior* (3rd ed.). Oxford University Press.
- National Institute on Drug Abuse. (2022). *Drugs and the brain*. National Institute on Drug Abuse. <https://nida.nih.gov/publications/drugs-brains-behavior-science-addiction/drugs-brain>
- Nestler, E. J. (2005). Is there a common molecular pathway for addiction? *Nature Neuroscience*, 8(11), 1445–1449. <https://doi.org/10.1038/nn1578>
- Opaleye, E. S., Noto, A. R., Locatelli, D. P., de Castro Amato, T., & Bedendo, A. (2021). II Relatório Brasileiro sobre Drogas.
- Santos, B. A. G. dos. (2019). APRIMORAMENTO COGNITIVO POR MEIO DE NOOTRÓPICOS EFICAZES: UMA ABORDAGEM CONSEQUENCIALISTA. *Revista Guairacá de Filosofia*, 35(2). <https://doi.org/10.5935/2179-9180.20190012>

- Schifano, F., Catalani, V., Sharif, S., Napoletano, F., Corkery, J. M., Arillotta, D., Fergus, S., Vento, A., & Guirguis, A. (2022). Benefits and Harms of "Smart Drugs" (Nootropics) in Healthy Individuals. *Drugs*, 82(6). <https://doi.org/10.1007/s40265-022-01701-7>
- Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997). A Neural Substrate of Prediction and Reward. *Science*, 275(5306), 1593–1599. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1593>
- Sessa B, Higbed L, Nutt D. A Review of 3,4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA)-Assisted Psychotherapy. *Front Psychiatry*. 2019 Mar 20;10:138. doi: 10.3389/fpsyt.2019.00138. PMID: 30949077; PMCID: PMC6435835.
- Stahl, S. M. (2014). *Stahl's essential psychopharmacology*. (4th ed.). Cambridge University Press.
- Stockings, E., Hall, W. D., Lynskey, M., Morley, K. I., Reavley, N., Strang, J., Patton, G., & Degenhardt, L. (2016). Prevention, early intervention, harm reduction, and treatment of substance use in young people. *The Lancet Psychiatry*, 3(3), 280–296. [https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(16\)00002-x](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(16)00002-x)
- Sun, D., Zhu, X., & Bao, Z. (2024). The relationship between physical activity and anxiety in college students: exploring the mediating role of lifestyle habits and dietary nutrition. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1296154>
- Swift, R. M., & Lewis, D. C. (2009). Farmacologia da dependência e abuso de drogas. GOLAN, David E. et al. *Princípios de farmacologia: a base fisiopatológica da farmacoterapia*, 2, 260-278.
- Trindade, B. P. de A., Moura, T. N. de, & Souza, A. D. C. (2018). Uso de drogas entre estudantes universitários: Uma perspectiva nacional. *Revista de Medicina e Saúde de Brasília*, 7(1), 1–9. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rmsbr/article/view/8641>



Comportamento Alimentar

João Roberto Lopes de Azevedo

Ana Julia Ribeiro

Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

A qualidade da alimentação exerce um papel essencial no funcionamento saudável do sistema nervoso. Uma dieta equilibrada, rica em nutrientes como ácidos graxos, antioxidantes e vitaminas, não somente promove o bem-estar físico, mas também impacta significativamente a cognição, contribuindo para a melhoria da memória, da concentração e para a redução do declínio cognitivo (Lewis et al., 2021). Esses nutrientes fornecem os substratos bioquímicos necessários para a produção de neurotransmissores e para a manutenção da plasticidade sináptica, fatores fundamentais para o desempenho cognitivo (Breedlove & Watson, 2017).

Contudo, fatores biopsicossociais moldam nossas escolhas alimentares, tornando o ato de comer mais complexo do que simplesmente saciar a fome. Aspectos emocionais, como estresse, tristeza ou felicidade, influenciam frequentemente o comportamento alimentar, levando ao que se conhece como alimentação emocional, um padrão que pode resultar em transtornos alimentares e ganho de peso. O ambiente também desempenha um papel significativo. A disponibilidade de alimentos, sua apresentação e normas sociais afetam diretamente o que e quanto consumimos (Bear, 2017). Tradições culinárias e experiências culturais, como celebrações e festividades, influenciam as escolhas alimentares. No Brasil, por exemplo, a festa junina é marcada por pratos típicos à base de milho, cujos nomes e preparações podem variar regionalmente, como a canjica, também conhecida como curau ou jimbêlê.

Paralelamente, um contexto preocupante surge no Brasil: 27,6% da população enfrenta insegurança alimentar, ou seja, a falta de acesso adequado e contínuo a uma alimentação de qualidade (IBGE, 2023). Essa realidade ressalta a necessidade de promover práticas alimentares nutritivas, tanto para o desempenho cognitivo quanto para a saúde física e mental. Portanto, compreender as razões por trás das nossas escolhas alimentares e os impactos de uma nutrição adequada é fundamental para enfrentar questões relacionadas à saúde, como transtornos alimentares, obesidade e declínio cognitivo. Neste capítulo, exploraremos a neurobiologia do comportamento alimentar, o impacto de uma dieta equilibrada na cognição e na saúde mental e abordaremos estratégias práticas para adotar uma alimentação saudável e balanceada.

Objetivos de aprendizagem

- Compreender as bases neurobiológicas do comportamento alimentar;
- Reconhecer o impacto da alimentação no funcionamento cognitivo e na saúde mental;
- Compreender estratégias práticas para a adoção de uma alimentação adequada.

1 NEUROBIOLOGIA DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR

Compreender os fundamentos neurobiológicos do **comportamento alimentar** é essencial para identificar os mecanismos que regulam o momento, a quantidade e o tipo de alimento que consumimos. Ao longo deste capítulo, serão exploradas, detalhadamente, as estruturas do sistema nervoso envolvidas nesse comportamento, os neurônios e neurotransmissores responsáveis, bem como os processos de regulação a curto e longo prazo, respondendo à questão central: “Por que comemos o que comemos?”.

1.1 Estruturas do sistema nervoso central relacionadas ao comportamento alimentar

O **hipotálamo**, uma estrutura localizada no encéfalo, desempenha um papel central na **regulação do comportamento alimentar**. Ele atua integrando sinais hormonais e neurais que refletem o estado energético do organismo, contribuindo para a regulação da ingestão alimentar e da homeostase energética. As regiões hipotalâmicas relevantes para o comportamento alimentar são: a **área hipotalâmica lateral**, o **núcleo ventromedial**, o **núcleo paraventricular** e o **núcleo arqueado**, que estão representados na Figura 1, e suas funções serão discutidas a seguir (Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).

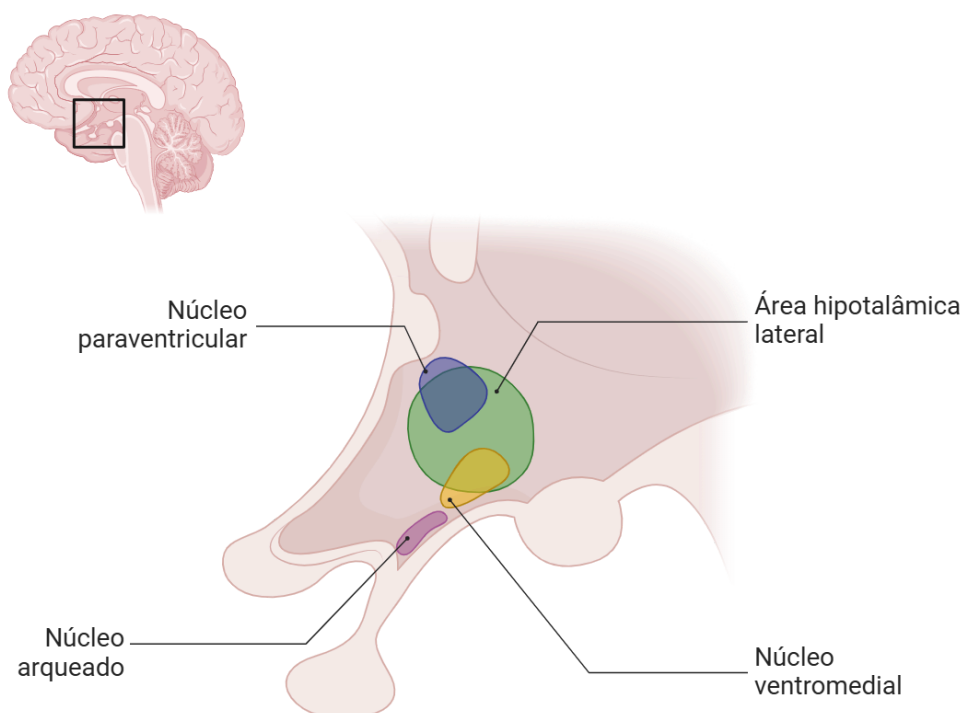


Figura 1. Regiões hipotalâmicas importantes para o controle do comportamento alimentar: a área hipotalâmica lateral, o núcleo ventromedial, o núcleo paraventricular e o núcleo arqueado (Fonte: adaptado de Breedlove & Watson, 2017).

A **área hipotalâmica lateral** está diretamente envolvida na motivação para comer. Neurônios nessa região são ativados em resposta a **sinais de fome** e estão associados à **busca ativa por alimentos**, como forragear ou caçar. Em humanos, isso se traduz, por exemplo, na procura de comida na geladeira. Por outro lado, o **núcleo ventromedial** está relacionado aos sinais de **saciedade**. Neurônios nessa área são ativados após a ingestão de alimentos, inibindo a ingestão adicional e sinalizando ao corpo que já foi consumida uma quantidade suficiente. No entanto, fatores motivacionais, o contexto social e o estado emocional podem levar à ingestão de alimentos mesmo quando já estamos saciados.

Lesões nas **regiões laterais e ventromediais** do hipotálamo resultam em mudanças drásticas no comportamento alimentar. Lesões na área lateral, por exemplo, podem causar

ingestão insuficiente de alimentos, levando à anorexia, enquanto lesões no núcleo ventromedial resultam em ingestão exagerada de alimentos, culminando em obesidade, conforme observado em estudos com roedores (Figura 2). Essas descobertas reforçam o papel central do hipotálamo na regulação do comportamento alimentar, mostrando que ele é crucial para o equilíbrio entre a ingestão de alimentos e a manutenção do peso corporal.

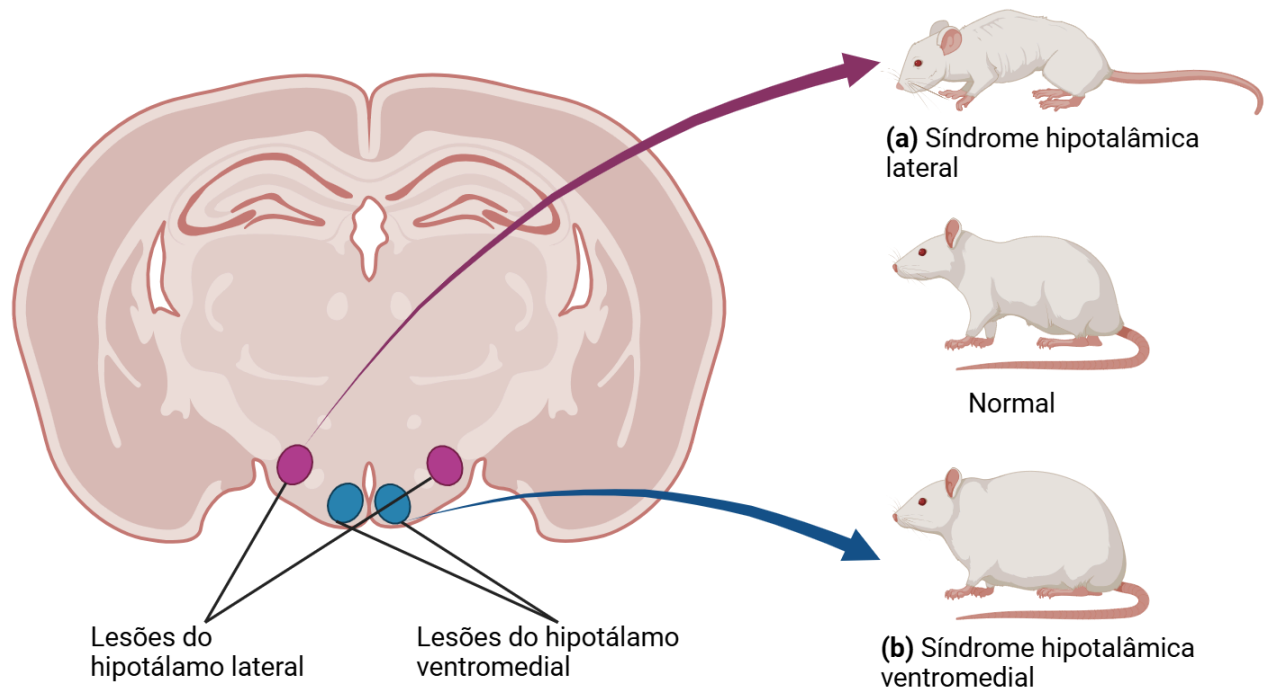


Figura 2. Representação esquemática das lesões no hipotálamo lateral e ventromedial e seus efeitos no comportamento alimentar em roedores. Lesões no hipotálamo lateral (a) resultam em síndrome hipotalâmica lateral, caracterizada por hipofagia e perda de peso, enquanto lesões no hipotálamo ventromedial (b) levam à síndrome hipotálamo ventromedial, caracterizada por hiperfagia e ganho de peso. O roedor em estado normal é mostrado para comparação (centro) (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

Outra região crucial para a regulação do comportamento alimentar é o **núcleo arqueado** do hipotálamo (veja a Figura 1). Ele abriga dois grupos de neurônios com funções antagônicas na regulação da ingestão alimentar: os neurônios **AgRP** (proteína relacionada ao agouti) e **NPY** (neuropeptídeo Y), que **estimulam o apetite**, e os neurônios **POMC** (pró-opiomelanocortina) e **CART** (transcrito regulado por cocaína e anfetamina), que **promovem a saciedade**.

Os neurônios **AgRP** e **NPY** são ativados em situações de **privação energética**, ou seja, quando as reservas de energia do corpo estão reduzidas e a ingestão calórica é insuficiente para atender às demandas metabólicas. Nessa condição, esses neurônios aumentam a sensação de fome e reduzem o gasto energético para economizar recursos. Eles exercem sua função principalmente através da **ativação de circuitos na área hipotalâmica lateral**, que estimulam o comportamento de busca por alimento. Além disso, esses neurônios **inibem os sinais de saciedade** transmitidos pelos neurônios POMC, aumentando ainda mais a predisposição para a ingestão alimentar.

Por outro lado, os neurônios **POMC** e **CART** são ativados em resposta a hormônios que indicam a presença de **reservas energéticas adequadas**, como a **leptina**, secretada pelo tecido adiposo, e a **insulina**, produzida pelo pâncreas. A ativação desses neurônios resulta na inibição do apetite e na sinalização de que o corpo já possui energia suficiente, promovendo a saciedade.

Assim, o núcleo arqueado funciona como um centro integrador, balanceando os sinais que estimulam e suprimem a ingestão alimentar, de modo a manter a homeostase energética.

1.2 Neurotransmissores envolvidos no comportamento alimentar

O comportamento alimentar é regulado por uma complexa rede de **neurônios** e **neurotransmissores**, que interagem para controlar a fome, a saciedade e as preferências alimentares. Entre os principais neurotransmissores que modulam o comportamento alimentar, destaca-se a **serotonina** (5-hidroxitriptamina, 5-HT), que desempenha papel tanto na **regulação do humor** quanto na **saciedade**. Estudos mostram que baixos níveis de serotonina estão associados ao aumento do apetite, especialmente por carboidratos (Wurtman & Wurtman, 1995). Isso pode explicar por que muitas pessoas recorrem a alimentos ricos em carboidratos em situações de estresse, buscando conforto alimentar (Singh, 2016).

A serotonina também influencia a **alimentação emocional**, estando ligada a transtornos alimentares que envolvem consumo excessivo ou restrição alimentar em resposta a alterações de humor. A interação da serotonina com receptores específicos, como 5-HT1A e 5-HT2C, modula a liberação desse neurotransmissor em áreas do encéfalo, como o **córtex pré-frontal** e o **hipotálamo**. Essas áreas estão envolvidas no **controle do humor** e do **apetite**, mostrando o papel central da serotonina na promoção da saciedade e no equilíbrio emocional (Sharma & Sharma, 2012).

A **dopamina**, por sua vez, está intimamente ligada ao **sistema de recompensa** do encéfalo. A **via mesocorticolímbica** da dopamina, que inclui a projeção de neurônios da área tegmental ventral para o núcleo accumbens e o córtex pré-frontal (veja o capítulo 5), é ativada quando consumimos **alimentos altamente palatáveis**, como aqueles ricos em **açúcares** e **gorduras** (De Jong et al., 2016). Esse processo gera uma intensa sensação de prazer, reforçando a motivação para buscar esses alimentos repetidamente.

A dopamina não apenas sinaliza a recompensa imediata, mas também promove a **repetição do comportamento alimentar**, especialmente quando associado a alimentos densos em energia (Volkow et al., 2003). Em casos extremos, a ativação exagerada desse sistema pode levar à **compulsão alimentar**, já que o sistema nervoso passa a associar o consumo de determinados alimentos a uma recompensa desproporcional, criando um ciclo de busca contínua por prazer alimentar (Bello & Hajnal, 2010).

Por fim, é importante destacar que a interação entre os sistemas dopaminérgico e serotoninérgico desempenha um papel crucial na regulação do comportamento alimentar. Desequilíbrios nessas vias podem contribuir para transtornos alimentares, como a anorexia nervosa, e com a obesidade, evidenciando a importância de intervenções que visem restabelecer o equilíbrio neuroquímico para uma alimentação saudável e equilibrada.

1.3 Sistema nervoso entérico

A noção de que o intestino é o “segundo cérebro” baseia-se no fato de que o sistema digestivo possui um sistema nervoso próprio, conhecido como **sistema nervoso entérico** ou **divisão entérica do sistema nervoso autônomo**, como mencionado no capítulo 4. Esse sistema, composto por cerca de 500 milhões de neurônios — número comparável ao da medula espinhal —, localiza-se ao longo do revestimento do esôfago, estômago, intestinos, pâncreas e vesícula biliar.

Assim, o sistema nervoso entérico atua de forma independente, mas se comunica com o encéfalo por meio do **eixo cérebro-intestino**, utilizando **vias neurais** (como o nervo vago), **hormonais** (incluindo a grelina e o PYY3-36) e **imunológicas**. Essa comunicação bidirecional permite que o sistema nervoso entérico envie feedbacks ao encéfalo sobre o estado nutricional e

o ambiente químico intestinal, enquanto o encéfalo modula processos digestivos e a sensação de saciedade.

O sistema entérico possui dois plexos principais: o **plexo submucoso**, responsável pela regulação da secreção de glândulas e pela absorção de nutrientes, e o **plexo mioentérico**, que controla os movimentos peristálticos do trato digestivo, assegurando o transporte e a mistura dos alimentos com as enzimas digestivas (Figura 3). Embora o sistema entérico não seja um “cérebro” no sentido convencional, ele desempenha um papel vital na manutenção da saúde física e mental, influenciando não apenas a digestão, mas também o humor e o comportamento alimentar.

Ao integrar os sinais de fome e saciedade provenientes do sistema nervoso central com os processos digestivos, o sistema entérico complementa a função do hipotálamo na regulação do comportamento alimentar. Essa interação garante que o organismo ajuste suas **respostas energéticas** tanto a curto prazo, como durante uma refeição, quanto a longo prazo, na manutenção do equilíbrio homeostático. Assim, o eixo cérebro-intestino destaca-se como um elemento central na conexão entre saúde física, cognitiva e emocional (Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).

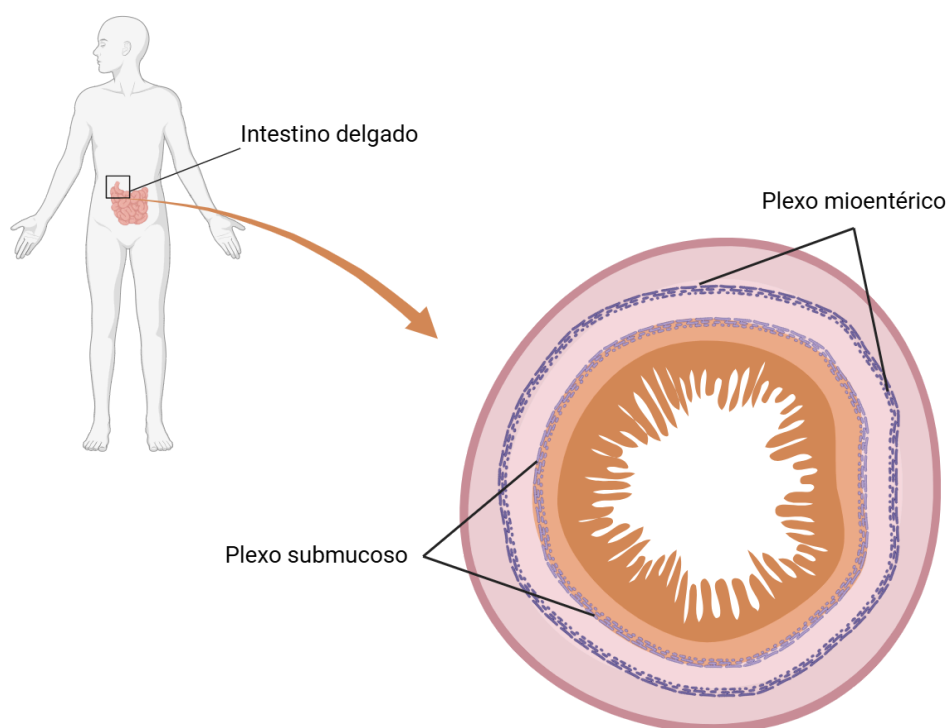


Figura 3. Divisão entérica do sistema nervoso visceral no intestino delgado, destacando os plexos submucoso e mioentérico (Fonte: adaptado de Bear, 2017).

1.4 Regulação do comportamento alimentar

O **comportamento alimentar** é regulado por mecanismos complexos que operam em diferentes escalas temporais para atender às necessidades imediatas e de longo prazo do organismo. A **regulação a curto prazo** responde a sinais rápidos de fome e saciedade, enquanto a **regulação a longo prazo** ajusta o balanço energético, contribuindo para a manutenção da massa corporal ao longo do tempo. Essa integração entre os sistemas nervoso e endócrino permite que o corpo se adapte a mudanças ambientais e às condições metabólicas, garantindo o equilíbrio energético e a sobrevivência.

1.4.1 Regulação a curto prazo

A regulação a curto prazo do comportamento alimentar envolve sinais que promovem tanto a fome (orexigênicos) quanto a saciedade, ajustando a ingestão alimentar às necessidades

energéticas imediatas. Entre os **sinais orexigênicos**, destaca-se a **grelina**, um hormônio liberado pelo estômago vazio que estimula o hipotálamo a aumentar a sensação de fome e incentivar a ingestão de alimentos. Além disso, a grelina ativa o **sistema de recompensa**, promovendo a liberação de dopamina e reforçando o desejo por alimentos altamente calóricos, como açúcares e gorduras. As orexinas, por sua vez, também desempenham um papel importante na **estimulação do apetite** e na **regulação do ciclo sono-vigília**, evidenciando a interação entre diferentes sistemas corporais no controle do comportamento alimentar.

Em contrapartida, os **sinais de saciedade** incluem hormônios como a **leptina**, liberada em resposta ao aumento das reservas de gordura corporal. A leptina informa o cérebro sobre a suficiência energética, inibindo o apetite e promovendo a saciedade, embora em casos de obesidade a resistência à leptina comprometa esse mecanismo, levando ao consumo excessivo de alimentos (Figura 4).

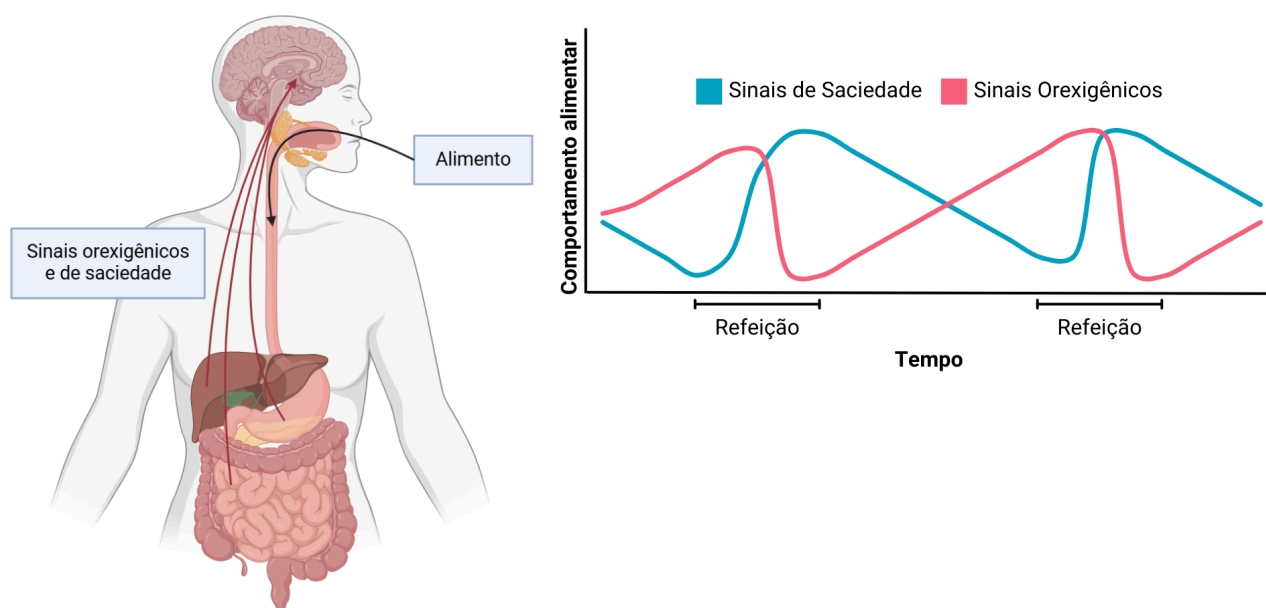


Figura 4. Modelo de regulação a curto prazo do comportamento alimentar, apresentando o período de refeição e a emissão dos sinais de saciedade (linha azul) e sinais orexigênicos (linha rosa) (Fonte: adaptado de Bear, 2017).

As diferentes **fases da digestão** também contribuem para o controle imediato da ingestão alimentar. A **fase cefálica** ocorre antes mesmo de o alimento ser consumido, sendo desencadeada por estímulos sensoriais, como o cheiro, a visão e até mesmo pensamentos relacionados à comida. Durante essa fase, o sistema nervoso parassimpático é ativado, aumentando a salivação e a secreção de sucos gástricos, preparando o estômago para a digestão. Em seguida, a **fase gástrica** tem início quando os alimentos chegam ao estômago, envolvendo processos como mastigação, deglutição e digestão, tanto mecânica quanto química. Nesse estágio, hormônios como a **colecistocinina (CCK)** e a **gastrina** são liberados, contribuindo para a quebra dos alimentos e preparando o sistema digestivo para o próximo estágio.

Por fim, na **fase de substrato**, o quimo — uma mistura de alimentos parcialmente digeridos e secreções digestivas — é transportado para o intestino delgado. Nesse local, os nutrientes, como glicose, aminoácidos e ácidos graxos, são absorvidos pelas células da mucosa intestinal e transportados para a corrente sanguínea. Durante esse processo, hormônios como a **insulina** e a **CCK** desempenham um papel crucial na sinalização da saciedade, interrompendo a ingestão alimentar e contribuindo para o equilíbrio energético do organismo (Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).

1.4.2 Regulação a longo prazo

A regulação a longo prazo é essencial para a manutenção da **homeostase energética** e o **controle do peso corporal**. Esse mecanismo é mediado principalmente por **hormônios metabólicos**, como a leptina, que ajustam a ingestão alimentar e o gasto energético com base nas reservas de gordura. Altos níveis de leptina indicam reservas energéticas adequadas, promovendo a saciedade e aumentando o gasto calórico. Por outro lado, baixos níveis de leptina estimulam o apetite e reduzem o metabolismo energético, auxiliando o corpo a preservar energia em períodos de escassez.

Esse sistema adaptativo é fundamental em situações em que a disponibilidade de alimentos varia, permitindo que o organismo ajuste sua fisiologia para garantir energia suficiente para funções vitais. Assim, a regulação a longo prazo complementa os mecanismos de curto prazo, oferecendo uma abordagem integrada para equilibrar as demandas energéticas imediatas e de longo prazo, garantindo a sobrevivência e o funcionamento saudável do organismo (Bear et al., 2017).

2 ALIMENTAÇÃO E SEU IMPACTO NA COGNIÇÃO E NA SAÚDE MENTAL

Como vimos anteriormente, a alimentação desempenha um papel crucial no funcionamento do organismo humano, influenciando diretamente a cognição, a saúde mental e o aprendizado. Nutrientes específicos podem impactar funções como memória, atenção e humor, sendo fundamentais para a manutenção do equilíbrio bioquímico e para o desempenho cognitivo ideal (Lewis et al., 2021). Além disso, a interação entre dieta e o sistema nervoso revela como escolhas alimentares afetam o bem-estar geral. Este tópico aborda como diferentes aspectos da alimentação, incluindo o papel da microbiota intestinal e os efeitos sobre a saúde mental e a aprendizagem, contribuem para a otimização das funções cerebrais.

2.1 Nutrientes essenciais

Os nutrientes desempenham um papel fundamental no funcionamento do sistema nervoso e na manutenção das capacidades cognitivas (Lewis et al., 2021). Dentre eles, os **ácidos graxos ômega-3** destacam-se como componentes essenciais das membranas celulares neuronais, sendo indispensáveis para a transmissão de sinais entre os neurônios. Estudos indicam que o consumo regular de ômega-3 está associado à melhora da memória e à proteção contra o declínio cognitivo, especialmente em pacientes com demências e perdas relacionadas à idade (Mazereeuw et al., 2012). Os **antioxidantes**, como **vitaminas C e E** e **flavonoides**, também exercem um papel protetor, reduzindo o estresse oxidativo e a inflamação que podem danificar os neurônios. Além disso, um estudo recente sugere aumento no desempenho cognitivo em idosos com o consumo habitual desses nutrientes (Beydoun et al., 2020).

As **vitaminas do complexo B**, como B6, B12 e ácido fólico, contribuem para a produção de neurotransmissores, substâncias químicas responsáveis pela comunicação entre os neurônios. Concentrações adequadas dessas vitaminas são associadas a uma desaceleração da perda cognitiva em idosos e a melhores desempenhos de memória (van der Zwaluw et al., 2014; Riggs et al., 1996). Outro estudo apontou também que deficiências em nutrientes como vitaminas B e C, magnésio e zinco podem contribuir para o surgimento de psicopatologias, como ansiedade e depressão (Kris-Etherton et al., 2021).

A **glicose**, principal fonte de energia para o sistema nervoso, também é essencial para a concentração e o foco em atividades prolongadas. Contudo, enquanto níveis adequados de glicose são benéficos, o consumo excessivo de açúcares refinados pode causar flutuações abruptas nos níveis de energia, comprometendo a memória e o desempenho cognitivo. Além

disso, esse consumo exagerado está relacionado à inflamação crônica, que prejudica as funções cerebrais (Beilharz et al., 2015; Wärnberg et al., 2009).

Outro ponto relevante diz respeito às **gorduras trans**, encontradas em **alimentos processados**, que estão associadas ao declínio cognitivo e a déficits de memória, especialmente em idosos. Esses efeitos negativos parecem ser mediados por processos inflamatórios na micróglia e alterações nos fatores neurotróficos do hipocampo, região cerebral crucial para a memória e o aprendizado (Morris et al., 2004; Beilharz et al., 2015).

Adicionalmente, a alimentação influencia a composição da **microbiota intestinal**, que, por sua vez, impacta a saúde mental e cognitiva por meio do eixo cérebro-intestino (veja o tópico 2.2). O consumo de alimentos ricos em **fibras, probióticos e pré-bióticos** favorece a manutenção de uma microbiota saudável, que pode contribuir para melhorias na cognição e no humor (Ye et al., 2022). Esses aspectos ressaltam a importância de uma dieta equilibrada e rica em nutrientes essenciais para otimizar as funções cognitivas, proteger o sistema nervoso contra o envelhecimento precoce e prevenir doenças neurodegenerativas. O consumo de alimentos frescos e minimamente processados deve ser priorizado, evitando-se o excesso de produtos industrializados ricos em açúcares e gorduras prejudiciais, para garantir benefícios duradouros tanto à cognição quanto à saúde mental ao longo da vida.

2.2 Microbiota intestinal

A **microbiota intestinal**, composta por uma comunidade diversificada de microrganismos — incluindo bactérias, vírus e fungos —, desempenha um papel central em diversas funções corporais, como digestão, metabolismo, regulação do sistema imunológico e comunicação bidirecional com o sistema nervoso, conhecida como **eixo cérebro-intestino** (veja o tópico 1.3). Essa interação tem recebido atenção crescente devido ao seu impacto direto na saúde mental e no comportamento humano (Simpson et al., 2021).

O **nervo vago** é uma das principais vias de comunicação entre o intestino e o sistema nervoso central. Neurônios sensoriais intestinais, quando ativados, influenciam processos como percepção da dor, humor e níveis de estresse. Além disso, a microbiota afeta a liberação de **cortisol**, hormônio central na resposta ao estresse, cujas alterações podem impactar diretamente a função do sistema nervoso e o comportamento. Outro mecanismo envolve o papel da microbiota na modulação do **sistema imunológico**, particularmente na produção de **citocinas** inflamatórias. Inflamações crônicas no encéfalo, frequentemente associadas à depressão e à ansiedade, também estão ligadas ao desequilíbrio da microbiota (Rieder et al., 2017).

Esse desequilíbrio, conhecido como **disbiose**, compromete a produção de neurotransmissores fundamentais, como serotonina e dopamina, diretamente relacionados ao humor e à saúde mental. O estresse, por sua vez, pode desencadear ou intensificar a disbiose, criando um ciclo vicioso que amplifica as respostas exacerbadas ao estresse. Além disso, evidências sugerem que a microbiota influencia o **eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA)**, sistema responsável pela regulação da resposta ao estresse, com implicações significativas para transtornos psicológicos (Rieder et al., 2017), como detalhado no capítulo 4.

2.3 Alimentação adequada

Uma alimentação adequada não apenas fornece energia necessária para as atividades cotidianas, mas também regula funções do sistema nervoso e emocionais. Nesse sentido, o consumo regular de um **café da manhã** com valor nutricional adequado está consistentemente associado a um melhor **desempenho escolar** em comparação com o observado entre estudantes que não realizam essa refeição ou que estão subnutridos (Adolphus et al., 2013).

Um estudo realizado no Peru avaliou o impacto de um programa de café da manhã escolar em alunos do primeiro ao sexto ano do ensino fundamental de áreas rurais. A amostra incluiu 590 alunos, sendo 300 pertencentes ao grupo de tratamento, que participou do programa de café da manhã, e 290 do grupo de controle, que não recebeu a intervenção. Além dos testes de desempenho, os pesquisadores coletaram dados sobre consumo de café da manhã, frequência escolar, matrículas e taxas de evasão, abrangendo alunos do primeiro ao sexto ano. Os resultados revelaram efeitos positivos significativos do programa em diversas dimensões da experiência educacional. A introdução do café da manhã reduziu as taxas de evasão escolar e aumentou a frequência dos alunos no grupo de tratamento, em comparação com o grupo de controle. Nesses contextos, observou-se uma melhoria notável nas habilidades de memória de curto prazo, aritmética e compreensão de leitura (Cueto & Chinen, 2008).

Tais evidências sugerem que a nutrição exerce um papel central na aprendizagem, no engajamento escolar e na saúde mental. Assim, é essencial implementar estratégias práticas que garantam uma alimentação equilibrada, especialmente em contextos educacionais, para promover o bem-estar geral e o desempenho acadêmico.

3 ESTRATÉGIAS PRÁTICAS PARA UMA ALIMENTAÇÃO ADEQUADA

Uma **alimentação adequada** é fundamental para a saúde física e mental, envolvendo o equilíbrio entre **macronutrientes** (carboidratos, proteínas e gorduras) e **micronutrientes** (vitaminas e minerais). A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2020) recomenda uma dieta composta por cereais integrais, frutas, vegetais, leguminosas e fontes de proteína variadas, que atendam às necessidades energéticas e metabólicas do organismo. Esses princípios são ilustrados na Figura 5, que apresenta as proporções ideais para um prato equilibrado.

No Brasil, o **Guia Alimentar para a População Brasileira** (Brasil, 2014), elaborado pelo Ministério da Saúde, fornece diretrizes baseadas em evidências científicas e adaptadas ao contexto cultural brasileiro. Ele prioriza o consumo de alimentos in natura ou minimamente processados, como frutas, legumes, grãos integrais e proteínas magras, essenciais para prevenir deficiências nutricionais e doenças crônicas. Adicionalmente, o guia recomenda a redução no consumo de alimentos ultraprocessados, que frequentemente contêm altos teores de açúcares, sódio e gorduras saturadas, associados a problemas como obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (Ambrosi & Grisotti, 2022). Além de enfatizar a qualidade nutricional, o guia valoriza tradições alimentares regionais e práticas sustentáveis, destacando a importância de escolhas conscientes que respeitem o meio ambiente. O consumo de alimentos sazonais e a redução do desperdício são medidas que não apenas promovem a saúde individual, mas também contribuem para sistemas alimentares mais sustentáveis. Ele fornece informações que auxiliam a população a fazer escolhas conscientes e informadas sobre sua alimentação, promovendo saúde e prevenindo doenças crônicas não transmissíveis (Cerf, 2021).

Com base no que vimos anteriormente no capítulo, a alimentação equilibrada é essencial para o funcionamento do sistema nervoso e para a cognição. Nutrientes específicos, como os ácidos graxos ômega-3, antioxidantes e vitaminas do complexo B, são particularmente importantes para a plasticidade sináptica, a memória e a regulação do humor (Lewis et al., 2021; Breedlove & Watson, 2017). Por outro lado, dietas ricas em açúcares e gorduras saturadas podem prejudicar funções cognitivas, aumentando o risco de inflamações crônicas que comprometem a saúde cerebral (Beilharz et al., 2015).

Portanto, estratégias práticas baseadas no Guia Alimentar e em outros estudos científicos são ferramentas indispensáveis para promover a saúde integral. Adotar essas recomendações

contribui não apenas para a qualidade de vida individual, mas também para a sustentabilidade alimentar e ambiental.

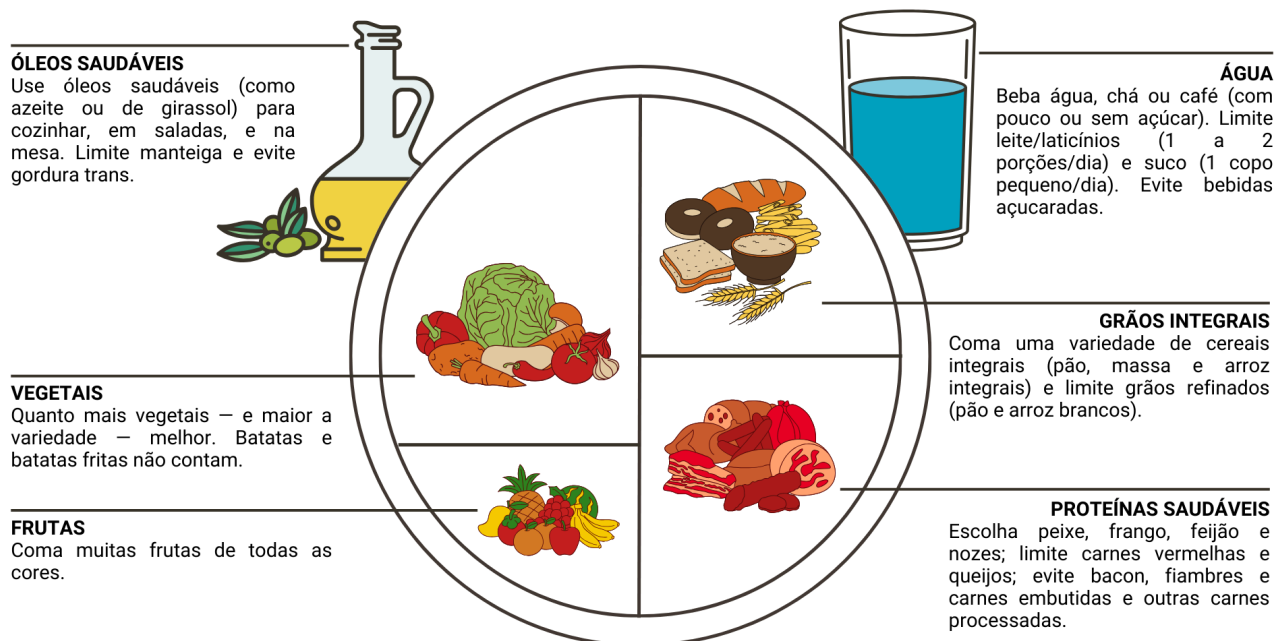


Figura 5. Porções e composições para um prato saudável e adequado. Para mais informações sobre o “Prato: Alimentação Saudável”, consulte: [The Nutrition Source](https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/healthy-eating-plate/translations/portuguese/), Department of Nutrition, Harvard T.H. Chan School of Public Health, and [Harvard Health Publications](https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/healthy-eating-plate/translations/portuguese/). (Fonte: adaptado de <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/healthy-eating-plate/translations/portuguese/>)

RESUMO

- A alimentação equilibrada, rica em nutrientes como ácidos graxos, antioxidantes e vitaminas, é essencial para a saúde do sistema nervoso, promovendo memória, concentração e redução do declínio cognitivo.
- O comportamento alimentar é influenciado por fatores biopsicossociais, como emoções, ambiente e tradições culturais, que moldam as escolhas alimentares além da simples satisfação da fome.
- O hipotálamo desempenha um papel central na regulação do comportamento alimentar, controlando a fome e a saciedade por meio de sinais hormonais e neurais. Lesões nessa região podem causar alterações extremas, como anorexia ou obesidade.
- Neurônios específicos no núcleo arqueado do hipotálamo regulam o apetite e a saciedade, balanceando sinais estimulantes e inibitórios para manter a homeostase energética.
- Neurotransmissores, como serotonina e dopamina, modulam a fome, o prazer alimentar e o comportamento emocional ligado à comida. Desequilíbrios nessas substâncias podem contribuir para transtornos alimentares.
- O sistema nervoso entérico, conhecido como “segundo cérebro”, interage com o sistema nervoso central através do eixo cérebro-intestino, influenciando a digestão, a saciedade e até mesmo o humor.
- A regulação do comportamento alimentar ocorre a curto prazo, ajustando a ingestão conforme as necessidades imediatas de energia, e a longo prazo, promovendo o equilíbrio energético e o controle do peso corporal.
- Nutrientes como ômega-3, vitaminas do complexo B e antioxidantes são fundamentais para o funcionamento cerebral, melhorando a memória e protegendo contra o declínio

cognitivo. Dietas ricas em açúcares e gorduras saturadas podem causar prejuízos cognitivos e inflamações crônicas.

- A microbiota intestinal impacta diretamente a saúde mental e o comportamento por meio do eixo cérebro-intestino, regulando a produção de neurotransmissores como serotonina e dopamina.
- Estratégias práticas para uma alimentação saudável incluem priorizar alimentos in natura, evitar ultraprocessados e adotar hábitos que favoreçam tanto a saúde individual quanto a sustentabilidade ambiental.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. O hipotálamo regula o comportamento alimentar exclusivamente por meio de sinais hormonais. ()
2. A serotonina está associada ao aumento do apetite por carboidratos em situações de estresse. ()
3. O sistema nervoso entérico atua de forma independente e não se comunica com o sistema nervoso central. ()
4. O consumo regular de ácidos graxos ômega-3 pode melhorar a memória e prevenir o declínio cognitivo. ()
5. Dietas ricas em açúcares e gorduras saturadas estão associadas ao aumento do risco de inflamação crônica e declínio cognitivo. ()

Respostas:

1. Falso. O hipotálamo regula o comportamento alimentar, integrando sinais hormonais e neurais, que refletem o estado energético do organismo. Isso é fundamental para manter a homeostase energética e controlar a ingestão alimentar (Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).
2. Verdadeiro. A serotonina desempenha um papel na regulação do humor e da saciedade. Em situações de estresse, baixos níveis de serotonina estão relacionados ao aumento do apetite por carboidratos, explicando o comportamento de busca por “conforto alimentar” (Singh, 2016).
3. Falso. O sistema nervoso entérico, embora possua autonomia funcional, se comunica com o sistema nervoso central por meio do eixo cérebro-intestino, utilizando vias neurais, hormonais e imunológicas para regular processos como saciedade e digestão (Bear et al., 2017).
4. Verdadeiro. Os ácidos graxos ômega-3 são componentes essenciais das membranas celulares neuronais, contribuindo para a transmissão de sinais entre neurônios, melhorando a memória e protegendo contra o declínio cognitivo, especialmente em idosos (Mazereeuw et al., 2012).
5. Verdadeiro. O consumo excessivo de açúcares refinados e gorduras saturadas pode causar inflamação crônica, comprometendo funções cerebrais como memória e desempenho cognitivo. Esses efeitos negativos estão relacionados a alterações na micróglia e no hipocampo (Beilharz et al., 2015).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 6: Bases biológicas do comportamento alimentar](#)
- Videoaula: [MÓDULO 6: Alimentação e sua relação com desempenho acadêmico, aprendizagem e saúde mental/ Estratégias para uma alimentação adequada](#)

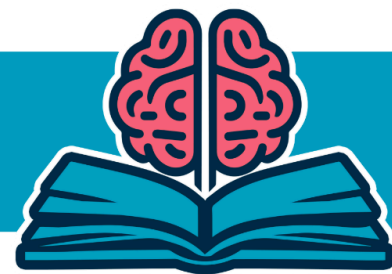
MATERIAL COMPLEMENTAR

- Livro : **Guia alimentar para a população brasileira**
- Vídeo:  **Princípios do Guia Alimentar para população brasileira**
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). **Motivação**. In M. F. Bear, B. W. Connors, & M. A. Paradiso (Eds.), *Neurociências: desvendando o sistema nervoso* (4ª ed., pp. 551-578). Artmed.

REFERÊNCIAS

- Adolphus, K., Lawton, C. L., & Dye, L. (2013). The effects of breakfast on behavior and academic performance in children and adolescents. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 425.
- Almeida, S. S., Braga Costa, T. M., & Laus, M. F. (2022). *Psicobiologia do Comportamento Alimentar*. Editora Rubio. Rio de Janeiro.
- Ambrosi, C., & Grisotti, M. (2022). O Guia Alimentar para a População Brasileira (GAPB): uma análise à luz da teoria social. *Ciência & Saúde Coletiva*, 27, 4243-4251.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. N. (2017). *Desvendando o sistema nervoso*. Editora Artmed. Porto Alegre.
- Beilharz, J. E., Maniam, J., & Morris, M. J. (2015). Diet-induced cognitive deficits: the role of fat and sugar, potential mechanisms and nutritional interventions. *Nutrients*, 7(8), 6719-6738.
- Bello, N. T., & Hajnal, A. (2010). Dopamine and binge eating behaviors. *Pharmacology Biochemistry and behavior*, 97(1), 25-33.
- Beydoun, M. A., Canas, J. A., Fanelli-Kuczmarski, M. T., Maldonado, A. I., Shaked, D., Kivimaki, M., ... & Zonderman, A. B. (2020). Association of antioxidant vitamins A, C, E and carotenoids with cognitive performance over time: A cohort study of middle-aged adults. *Nutrients*, 12(11), 3558.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. (2014). *Guia alimentar para a população brasileira* (2). Ministério da Saúde.
- Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2017). *Behavioral neuroscience* (8th ed.). Oxford University Press.
- Cerf, M. E. (2021). Healthy lifestyles and noncommunicable diseases: nutrition, the life-course, and health promotion. *Lifestyle Medicine*, 2(2), e31.
- Cueto, S., & Chinen, M. (2008). Educational impact of a school breakfast programme in rural Peru. *International Journal of Educational Development*, 28(2), 132-148.
- De Jong, J. W., Vanderschuren, L. J., & Adan, R. A. (2016). The mesolimbic system and eating addiction: What sugar does and does not do. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 9, 118-125.
- Firth, J., Marx, W., Dash, S., Carney, R., Teasdale, S. B., Solmi, M., ... & Sarris, J. (2019). The effects of dietary improvement on symptoms of depression and anxiety: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychosomatic medicine*, 81(3), 265-280.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *PNAD Contínua: Segurança alimentar 2021-2022*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102084.pdf>
- Jacka, F. N., O'Neil, A., Opie, R., Itsiopoulos, C., Cotton, S., Mohebbi, M., ... & Berk, M. (2017). A randomised controlled trial of dietary improvement for adults with major depression (the 'SMILES' trial). *BMC medicine*, 15, 1-13.
- Kris-Etherton, P. M., Petersen, K. S., Hibbeln, J. R., Hurley, D., Kolick, V., Peoples, S., ... & Woodward-Lopez, G. (2021). Nutrition and behavioral health disorders: depression and anxiety. *Nutrition reviews*, 79(3), 247-260.
- Lewis, J. E., Poles, J., Shaw, D. P., Karhu, E., Khan, S. A., Lyons, A. E., ... & McDaniel, H. R. (2021). The effects of twenty-one nutrients and phytonutrients on cognitive function: A narrative review. *Journal of clinical and translational research*, 7(4), 575.
- Mazereeuw, G., Lancot, K. L., Chau, S. A., Swardfager, W., & Herrmann, N. (2012). Effects of omega-3 fatty acids on cognitive performance: a meta-analysis. *Neurobiology of aging*, 33(7), 1482-e17.
- Morris, M. C., Evans, D. A., Bienias, J. L., Tangney, C. C., & Wilson, R. S. (2004). Dietary fat intake and 6-year cognitive change in an older biracial community population. *Neurology*, 62(9), 1573-1579.

- Opie, R. S., O'Neil, A., Itsiopoulos, C., & Jacka, F. N. (2015). The impact of whole-of-diet interventions on depression and anxiety: a systematic review of randomised controlled trials. *Public health nutrition*, 18(11), 2074-2093.
- Rieder, R., Wisniewski, P. J., Alderman, B. L., & Campbell, S. C. (2017). Microbes and mental health: A review. *Brain, behavior, and immunity*, 66, 9-17.
- Riggs, K. M., Spiro 3rd, A., Tucker, K., & Rush, D. (1996). Relations of vitamin B-12, vitamin B-6, folate, and homocysteine to cognitive performance in the Normative Aging Study. *The American journal of clinical nutrition*, 63(3), 306-314.
- Secher, M., & Ritz, P. (2012). Hydration and cognitive performance. *The Journal of nutrition, health and aging*, 16(4), 325-329.
- Simpson, C. A., Diaz-Arteche, C., Eliby, D., Schwartz, O. S., Simmons, J. G., & Cowan, C. S. (2021). The gut microbiota in anxiety and depression—a systematic review. *Clinical psychology review*, 83, 101943.
- Singh, K. (2016). Nutrient and stress management. *J Nutr Food Sci*, 6(4), 528.
- van der Zwaluw, N. L., Dhonukshe-Rutten, R. A., van Wijngaarden, J. P., Brouwer-Brolsma, E. M., van de Rest, O., In't Veld, P. H., ... & de Groot, L. C. (2014). Results of 2-year vitamin B treatment on cognitive performance: secondary data from an RCT. *Neurology*, 83(23), 2158-2166.
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Maynard, L., Jayne, M., Fowler, J. S., Zhu, W., ... & Pappas, N. (2003). Brain dopamine is associated with eating behaviors in humans. *International Journal of Eating Disorders*, 33(2), 136-142.
- Wärnberg, J., Gomez-Martinez, S., Romeo, J., Díaz, L. E., & Marcos, A. (2009). Nutrition, inflammation, and cognitive function. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 1153(1), 164-175.
- Wurtman, R. J., & Wurtman, J. J. (1995). Brain serotonin, carbohydrate-craving, obesity and depression. *Obesity research*, 3(S4), 477S-480S.
- Ye, S., Shah, B. R., Li, J., Liang, H., Zhan, F., Geng, F., & Li, B. (2022). A critical review on interplay between dietary fibers and gut microbiota. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 237-249.



Atividade Física

Vitor Rabelo de Sá

Ana Julia Ribeiro

Fernando Eduardo Padovan Neto

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define a atividade física como qualquer movimento corporal voluntário produzido pelos músculos esqueléticos que resulte em gasto energético. Para ser caracterizado como fisicamente ativo, é necessário realizar pelo menos 150 minutos de atividade física de intensidade moderada (caminhada ou passeio de bicicleta, por exemplo) ou 75 minutos de atividade física vigorosa (corrida, pular corda ou jogar futebol, por exemplo) por semana. Essa definição abrange desde atividades simples, como caminhar, até a prática de esportes, exercícios físicos e tarefas cotidianas, como lavar pratos, limpar a casa ou cozinhar. Em síntese, a atividade física está presente em diferentes contextos, seja no trabalho, em momentos de lazer ou na prática esportiva (WHO, 2020).

Do ponto de vista neurocientífico, o impacto do exercício físico no sistema nervoso é amplo e multifacetado. Ele envolve a interação dinâmica entre sistemas motores e sensoriais, que trabalham de maneira coordenada para gerar respostas adaptativas (Breedlove e Watson, 2017). A relação entre exercício físico e desempenho cognitivo tem sido amplamente investigada, destacando-se sua relevância para a saúde do sistema nervoso e o aprimoramento de funções cognitivas. Estudos indicam que a prática regular de atividades físicas não apenas potencializa a capacidade cardiovascular e muscular, mas também proporciona benefícios significativos ao cérebro, como o aumento da neurogênese, a melhoria de funções relacionadas à memória e a mitigação do declínio cognitivo (Rebar et al., 2015; Wegner et al., 2014; Erickson et al., 2019).

Apesar de tais benefícios, a adesão à prática regular de atividades físicas ainda enfrenta barreiras significativas. Dados recentes indicam que 52% dos brasileiros não realizam nenhum tipo de atividade física (FSB, 2023). Esse cenário alarmante destaca a necessidade urgente de estratégias eficazes para incentivar hábitos saudáveis, integrando a atividade física como uma ferramenta essencial para o aprimoramento das funções do sistema nervoso e para a promoção da saúde mental. Nesse sentido, neste capítulo exploraremos a neurobiologia da atividade física, seus impactos no desempenho cognitivo e na saúde mental, além de propor estratégias práticas para a implementação de uma rotina de exercícios que contribua para o bem-estar geral.

Objetivos de aprendizagem

- Compreender as bases neurobiológicas da atividade física;
- Entender o impacto do exercício físico para o funcionamento cognitivo e saúde mental;
- Identificar estratégias para a prática de atividade física em adultos.

1 ATIVIDADE FÍSICA E SEUS MECANISMOS NEUROBIOLÓGICOS

A atividade física, mais do que um simples movimento voluntário, envolve uma complexa interação de processos neurobiológicos que coordenam o corpo em resposta a estímulos internos e externos. Esses processos estão organizados hierarquicamente no sistema motor central, abrangendo desde a medula espinhal até as áreas superiores do encéfalo. Esse controle hierárquico permite que ações motoras sejam adaptadas e ajustadas às demandas do ambiente e às necessidades do organismo.

Este tópico abordará as estruturas e mecanismos neurobiológicos envolvidos no controle do movimento, conforme os níveis hierárquicos. Além disso, serão discutidos os impactos da atividade física na neuroplasticidade, neurogênese, regulação do estresse e no sistema de recompensa (Dishman et al., 2006; Liu & Nusslock, 2018; Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).

1.1 Níveis Hierárquicos do Controle Motor

O sistema motor é organizado em três níveis hierárquicos principais: estratégia, tática e execução. Cada nível desempenha um papel distinto e está associado a diferentes estruturas neurais. O nível estratégico, o mais alto, é responsável pelo planejamento geral do movimento e pela definição dos objetivos a serem alcançados. O nível tático, intermediário, define como o movimento será realizado em termos de coordenação muscular. Por fim, o nível de execução refere-se à ativação direta dos músculos e aos ajustes posturais necessários para realizar o movimento.

Cada um desses níveis integra informações sensoriais e motoras para a realização eficiente das atividades físicas. A seguir, descreveremos em detalhes os três níveis de controle motor e as estruturas neurais associadas a cada um deles.

1.1.1 Nível alto: estratégico

O nível **estratégico** do controle motor está relacionado à definição de objetivos e à escolha das melhores estratégias para alcançá-los. Esse processo é coordenado por áreas associativas do neocórtex e pelos núcleos da base. Nessa fase, o sistema nervoso central determina qual é o objetivo final do movimento e quais as possíveis maneiras de realizá-lo. A integração das informações sensoriais é essencial, permitindo ao sistema nervoso central formar uma representação precisa da posição do corpo em relação ao ambiente.

Por exemplo, ao se preparar para executar um movimento atlético, como chutar uma bola ao gol, o nível estratégico seleciona, entre diferentes opções, a melhor estratégia considerando fatores como a posição do adversário e a análise do ambiente. Essa escolha é fortemente influenciada por experiências anteriores e pelo contexto situacional. A seguir, são descritas as funções específicas das áreas associativas e dos núcleos da base.

Áreas associativas

As **áreas associativas** desempenham um papel central na integração das informações sensoriais e motoras, sendo responsáveis pelo planejamento e organização dos movimentos. Entre essas áreas, destacam-se o córtex parietal posterior e o córtex pré-frontal. O **córtex parietal posterior**, localizado no neocórtex, está envolvido na percepção espacial e na integração de informações visuais, proprioceptivas (como a posição e o movimento do corpo) e somatossensoriais (como toque, pressão e dor). Já o **córtex pré-frontal**, também situado no neocórtex, está associado ao planejamento motor e à tomada de decisões, sendo responsável por avaliar as consequências de diferentes ações e selecionar o plano mais eficiente para a execução

de movimentos complexos. Essas regiões operam de forma integrada, garantindo a execução eficiente e adaptativa dos movimentos, como representado na Figura 1.

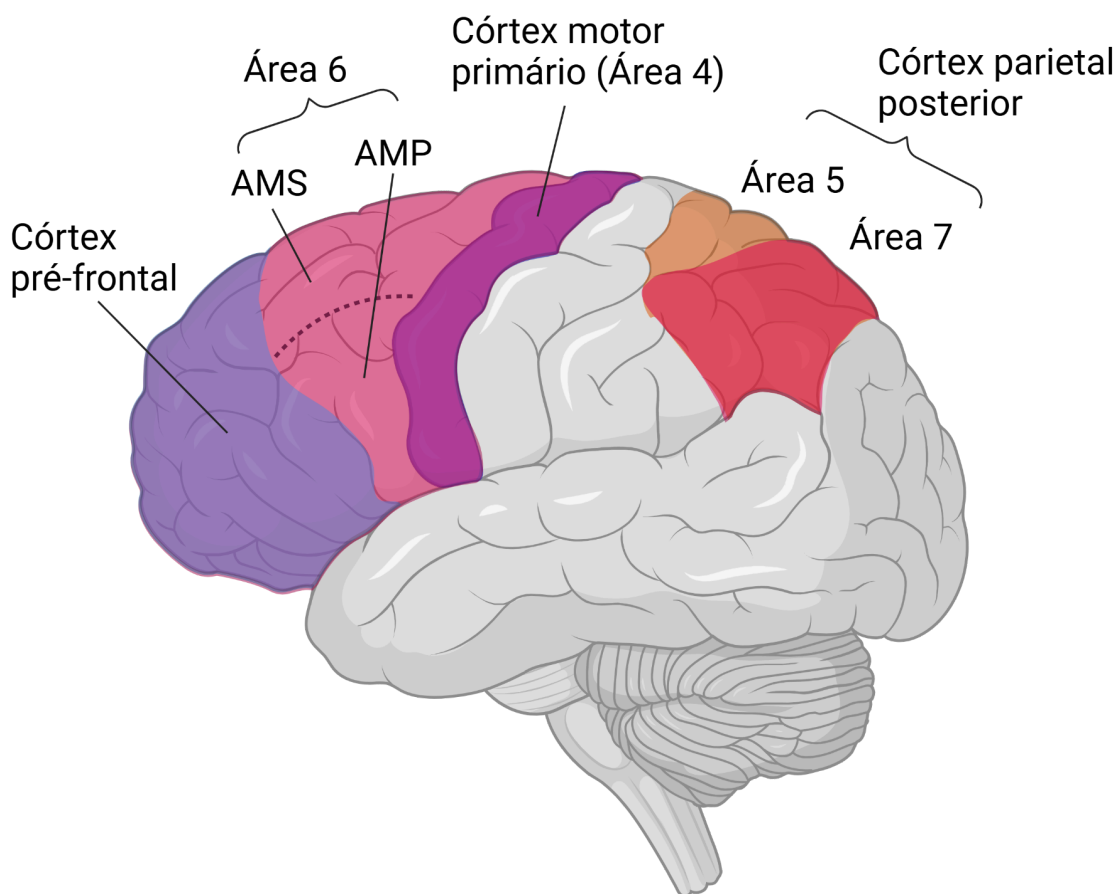


Figura 1. Áreas do neocórtex envolvidas no controle dos movimentos voluntários nos níveis estratégico (alto) e tático (intermediário). O nível estratégico é gerido pelas áreas associativas do córtex pré-frontal e do córtex parietal posterior (áreas 5 e 7), responsáveis pelo planejamento e pela definição dos objetivos motores. No nível tático, a área 4, correspondente ao córtex motor primário (M1), é encarregada da execução direta dos movimentos voluntários. Já a área 6, dividida entre a área motora suplementar (AMS) e a área pré-motora (AMP), organiza e coordena sequências motoras complexas, antecipando os movimentos e integrando informações sensoriais e motoras para otimizar sua execução (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

Dessa forma, as áreas associativas desempenham um papel fundamental na escolha da **estratégia motora mais adequada**. Por exemplo, antes de um jogador de futebol realizar um chute ao gol, essas áreas processam informações sobre sua posição no campo, a posição do goleiro e dos jogadores adversários, bem como a trajetória e a velocidade da bola. Esse processamento organiza as opções de movimento com base em experiências passadas e no contexto atual, integrando informações sensoriais e memórias motoras de ações anteriores.

Núcleos da base

Os **núcleos da base** são estruturas subcorticais do sistema nervoso central que desempenham funções cruciais na regulação da atividade motora, contribuindo para a coordenação de movimentos suaves e precisos (Figura 2). Eles mantêm comunicação direta com o córtex motor (analisado no tópico 1.1.2) e outras áreas do sistema nervoso, garantindo a execução eficiente dos movimentos. Alterações na função dos núcleos da base podem resultar em distúrbios motores, como a **hipocinesia**, caracterizada pela redução anormal da atividade motora, observada na doença de Parkinson, ou a **hipercinesia**, marcada por movimentos

involuntários excessivos, típicos da doença de Huntington. Esses exemplos ressaltam a importância dos núcleos da base no controle motor equilibrado e na funcionalidade motora.

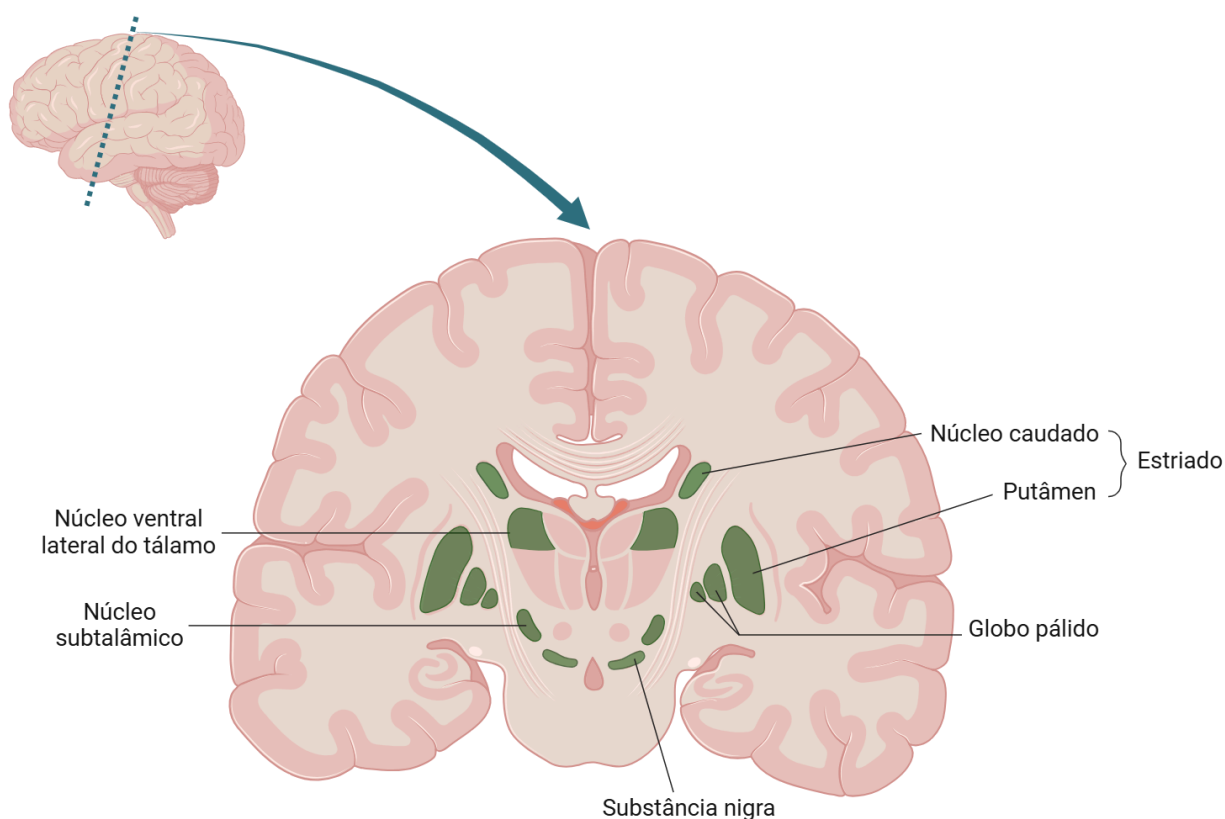


Figura 2. Os núcleos da base e estruturas associadas. Os núcleos da base incluem o núcleo caudado, o putâmen e o globo pálido. Estruturas associadas incluem o núcleo ventral lateral (VL) do tálamo, núcleo subtalâmico e a substância nigra. Essas estruturas trabalham em conjunto para integrar sinais motores e sensoriais e facilitar o controle motor refinado (Fonte: adaptado de Bear et al., 2017).

1.1.2 Nível intermediário: tática

O nível intermediário, relacionado à **tática**, compreende o córtex motor e o cerebelo, cuja função principal é transformar a estratégia previamente definida em um plano de ação. Esse nível especifica as sequências de contrações musculares necessárias para a execução eficiente do movimento. Durante uma atividade física, como o chute de uma bola no futebol, o córtex motor envia comandos aos músculos responsáveis pela ação, enquanto o cerebelo ajusta esses sinais para garantir precisão e suavidade nos movimentos. O cerebelo também desempenha um papel essencial ao comparar a ação planejada com o feedback sensorial recebido, realizando ajustes em tempo real caso necessário. A seguir, detalham-se os mecanismos de atuação do córtex motor e do cerebelo.

Córtex motor

O **córtex motor** é uma região encefálica responsável pela contração precisa dos músculos por meio de comandos enviados aos neurônios motores espinhais. Em ações motoras complexas, como chutar uma bola para um alvo específico, o córtex motor não apenas inicia o movimento, mas também ajusta sua força e direção, evidenciando sua importância em tarefas orientadas por objetivos.

Além de sua **função executora**, o córtex motor participa ativamente do **planejamento motor** e da **memória associada à ação**. Esse planejamento ocorre em cooperação com outras

áreas do sistema nervoso, como os núcleos da base e o cerebelo, assegurando precisão e fluidez nos movimentos. Nesse sentido, a relação entre o córtex motor e a prática física também se manifesta no **aprendizado** e aperfeiçoamento de habilidades motoras. Durante a prática repetitiva, como a execução de chutes sucessivos em treinamento, o córtex motor ajusta suas conexões neurais, resultando em movimentos mais eficientes. Essa **plasticidade neural** é essencial para o aprendizado motor e para a melhoria do desempenho físico ao longo do tempo.

Os correlatos neurais do planejamento motor incluem diversas áreas do encéfalo envolvidas na formação e execução de planos de movimento. Durante movimentos voluntários, observa-se um aumento do fluxo sanguíneo em regiões específicas do córtex cerebral, incluindo as **áreas somatossensorial**, parietal posterior e as **áreas 4 e 6** (Figura 1). A área 4, conhecida como **córtex motor primário (M1)**, localiza-se no giro pré-central, anterior ao sulco central, e é responsável pela execução direta dos movimentos voluntários. Essa área apresenta uma organização somatotópica que mapeia diferentes partes do corpo (Figura 3). Já a área 6, situada rostralmente à área 4, é dividida em duas sub-regiões: a **área motora suplementar (AMS)** e a **área pré-motora (AMP)**. A área 6 é particularmente envolvida no planejamento e na coordenação de movimentos mais complexos, especialmente aqueles que exigem sequências motoras.

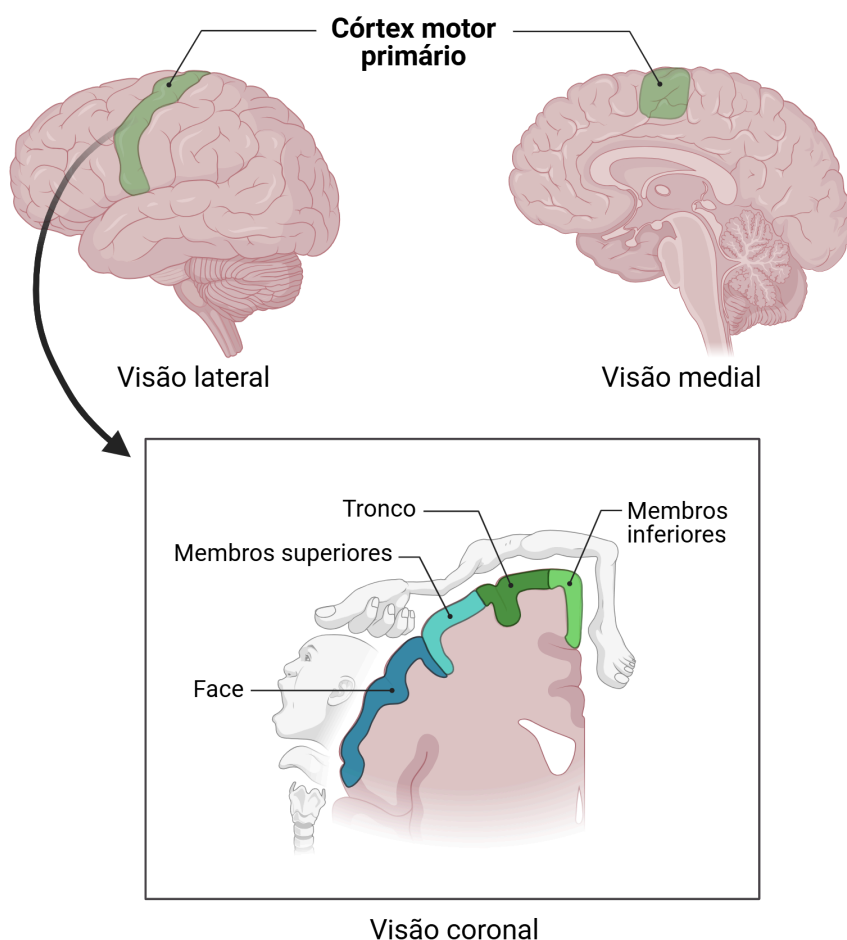


Figura 3. Representação somatotópica do giro pré-central no ser humano. A área 4, localizada no giro pré-central, é mais comumente referida como córtex motor primário (M1). Essa região é responsável pela organização dos movimentos voluntários do corpo, onde diferentes partes do giro pré-central correspondem a áreas específicas do corpo, formando um “mapa” motor que permite a execução precisa de movimentos direcionados (Fonte: adaptada de Bear et al., 2017).

Cerebelo e coordenação motora

O **cerebelo** é uma estrutura fundamental para a coordenação motora e o aperfeiçoamento de habilidades motoras. Sua principal função é ajustar e refinar os movimentos à medida que são realizados, garantindo que sejam executados de forma precisa e eficiente. Esse monitoramento

contínuo permite ao cerebelo realizar correções em tempo real, adaptando os movimentos sempre que necessário para atender às demandas do ambiente.

Além de sua atuação no **ajuste motor**, o cerebelo desempenha um papel essencial na **aprendizagem motora**. Ele compara as intenções de movimento, planejadas pelo sistema nervoso, com os resultados efetivamente alcançados, possibilitando que o organismo otimize sua execução ao longo do tempo. Quando ocorre uma discrepância entre o movimento planejado e o realizado, o cerebelo adapta seus circuitos, promovendo ajustes que resultam em uma melhor performance em tentativas futuras.

Os circuitos cerebelares envolvem uma rede neuronal altamente sofisticada. Entre os componentes mais relevantes destacam-se as **células de Purkinje**, as quais são neurônios inibitórios localizados na camada externa do cerebelo. Essas células modulam a atividade dos **núcleos cerebelares profundos**, estruturas responsáveis por enviar informações ajustadas para outras regiões do sistema nervoso, como o córtex motor (Figura 4). Além disso, esses circuitos cerebelares também recebem informações sensoriais de diferentes partes do sistema nervoso, como o córtex motor e o tronco encefálico. Essas informações incluem tanto as intenções de movimento quanto a posição corporal. O cerebelo processa esses dados para ajustar os comandos motores, assegurando movimentos suaves e coordenados.

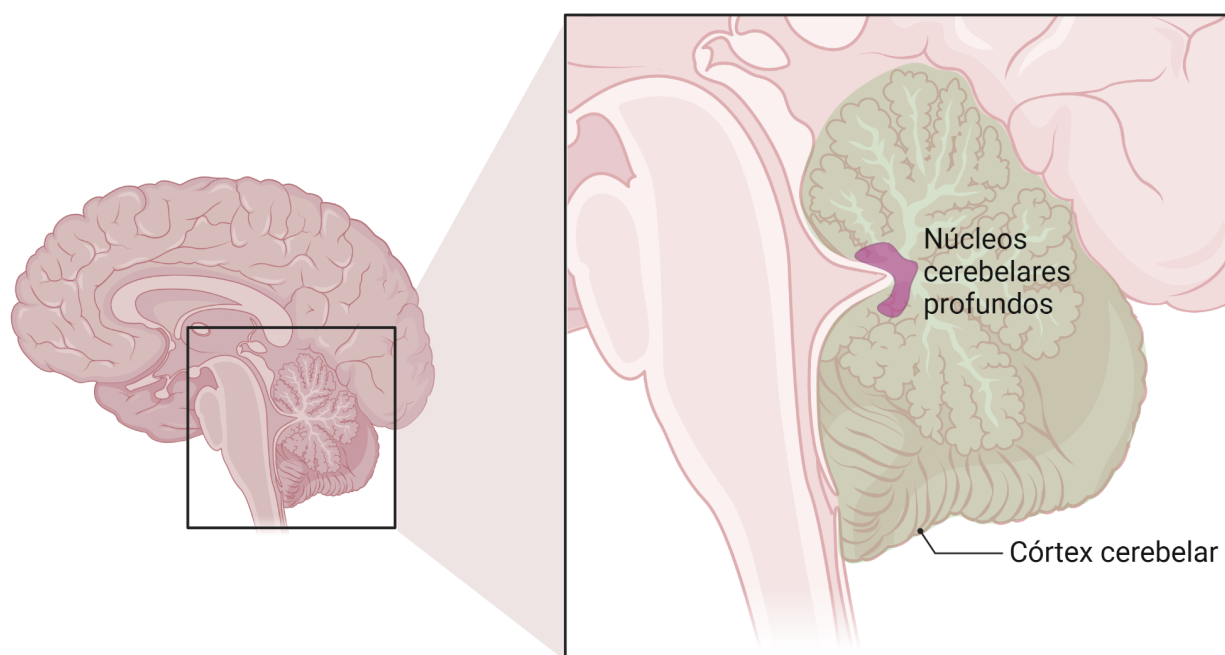


Figura 4. Representação anatômica do cerebelo humano, destacando o córtex cerebelar (em verde), responsável pelo processamento das informações motoras e sensoriais, e os núcleos cerebelares profundos (em roxo), estruturas que transmitem as informações processadas pelo córtex cerebelar para outras áreas do sistema nervoso central (Fonte: adaptada de Breedlove & Watson, 2017).

1.1.3 Nível Baixo: execução

O nível mais baixo da hierarquia motora, responsável pela **execução**, está centrado no **tronco encefálico** e na **medula espinhal**. Esse nível é encarregado de ativar diretamente os músculos e de realizar o movimento motor final, incluindo todos os ajustes posturais necessários. Ao receber as instruções do córtex motor, a medula espinhal ativa os neurônios motores responsáveis pelo controle dos músculos, resultando na contração coordenada de grupos musculares (Figura 5). Durante um chute no futebol, por exemplo, os neurônios motores das

pernas e pés são ativados em sequência para gerar a força e a direção adequadas ao movimento, enquanto a musculatura do tronco e dos braços ajusta a postura para manter o equilíbrio corporal, garantindo a precisão do chute.

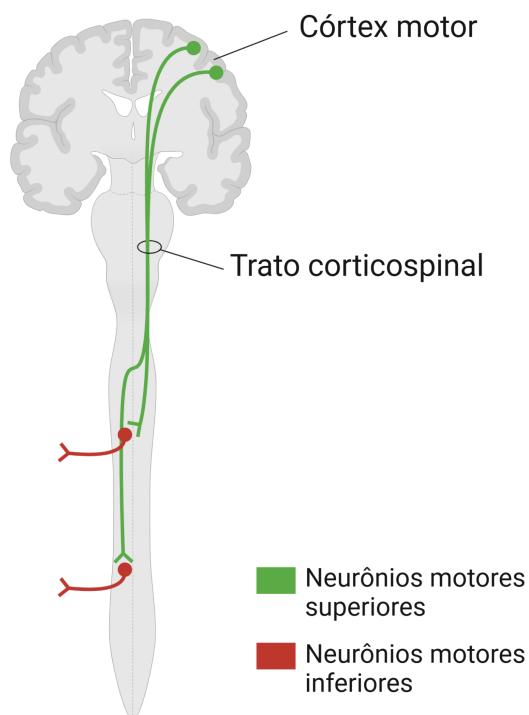


Figura 5. O córtex motor controla os movimentos voluntários enviando sinais via axônios dos neurônios motores superiores, que descem pelo trato corticospinal até a medula espinal. Esses axônios ativam os neurônios motores inferiores, que comandam os músculos extensores e, ao mesmo tempo, inibem os neurônios que controlam os músculos flexores, garantindo a coordenação dos movimentos (Fonte: adaptada de Bear et al., 2017).

1.2 Mecanismos neurobiológicos afetados pela atividade física

Agora que compreendemos como o sistema nervoso controla os movimentos, é essencial explorar os efeitos da atividade física sobre os mecanismos neurobiológicos que sustentam esse controle. A prática de exercícios físicos impacta significativamente processos como a **neuroplasticidade** e a **neurogênese**, além de influenciar a regulação do **estresse** e ativar o **sistema de recompensa**. A seguir, abordaremos como a atividade física modula esses mecanismos, promovendo adaptações funcionais e melhorias no funcionamento do encéfalo e do organismo como um todo.

1.2.1 Neuroplasticidade e neurogênese

A prática de atividade física tem um impacto significativo na **neuroplasticidade**, influenciando a liberação de **fatores neurotróficos**, os quais são substâncias que promovem a sobrevivência, o desenvolvimento e o funcionamento dos neurônios. Um dos principais fatores neurotróficos é o **Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF)**, que desempenha um papel importante na manutenção e no crescimento neuronal, facilitando a formação de novos neurônios, processo conhecido como **neurogênese** (Dishman et al., 2006; Ribeiro et al., 2021).

A prática regular de atividade física não apenas eleva os níveis de BDNF imediatamente após o exercício, mas também induz adaptações a longo prazo, como o aumento crônico na expressão de BDNF. Isso promove a **neurogênese** e aumenta a **resistência a doenças neurodegenerativas**, como a doença de Parkinson, a doença de Alzheimer e o acidente vascular cerebral isquêmico (Dishman et al., 2006). Esse aumento do BDNF é mediado por diversos mecanismos biológicos que ocorrem durante a prática de atividade física.

Entre os principais mecanismos, destaca-se a produção de **adenosina trifosfato (ATP)**, que, além de regular o metabolismo energético e a homeostase mitocondrial, também é a principal fonte de energia das células (Dishman et al., 2006). Além do ATP, **miocinas**, as quais são proteínas produzidas pelos **músculos esqueléticos** durante a atividade física, também contribuem para o aumento dos níveis de BDNF. Essas miocinas atuam como mensageiros entre os músculos e o cérebro, facilitando a comunicação intersistêmica e promovendo a saúde neuronal (Ribeiro et al., 2021).

1.2.2 Estresse

Em um estudo conduzido por Zschucke et al. (2015), foram investigados os efeitos do **exercício físico agudo** na **reatividade ao estresse**, com foco na hipótese de **adaptação ao estressor**. Esta hipótese sugere que a exposição a estressores físicos, como o exercício, pode reduzir a reatividade a estressores psicológicos. O estudo buscou compreender os mecanismos **neuroendócrinos** e **emocionais** que explicam a influência do exercício físico na resposta ao estresse, particularmente por meio da modulação do **eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA)** e do **sistema nervoso simpático (SNS)**, abordados no capítulo 4.

A pesquisa envolveu 40 homens, divididos em dois grupos: um composto por indivíduos fisicamente ativos e outro por sedentários. Os participantes foram randomizados para realizar 30 minutos de exercício aeróbico de intensidade moderada ou um exercício placebo, que consistia em alongamentos leves. Após a intervenção, foram submetidos a uma tarefa de estresse adaptada, enquanto suas respostas hormonais, incluindo os níveis de **cortisol** e **α -amilase**, eram monitoradas. O cortisol foi avaliado como marcador da resposta do eixo HPA ao estresse, uma vez que é um dos principais hormônios associados ao estresse fisiológico. Por outro lado, a α -amilase foi medida como indicador da ativação do SNS, dado que sua liberação aumenta em situações de estresse, fornecendo um panorama complementar das respostas corporais (Zschucke et al., 2015).

Os resultados, apresentados na Figura 6a, mostram que os participantes do grupo experimental que realizou o exercício aeróbico (barras rosas) apresentaram uma redução significativa nos níveis de cortisol após a prática, enquanto o grupo placebo (barras azuis) não demonstrou essa diminuição. Durante a tarefa de estresse (MIST), os níveis de cortisol aumentaram em ambos os grupos; contudo, os participantes do grupo aeróbico mantiveram níveis mais baixos em comparação ao grupo placebo. Já na Figura 6b, os níveis de α -amilase também aumentaram em ambos os grupos após o MIST. Entretanto, o grupo que realizou o exercício aeróbico exibiu uma resposta hormonal ligeiramente mais controlada, sugerindo que o exercício não apenas regula os níveis de cortisol, mas também modula outras respostas fisiológicas ao estresse. Esses achados reforçam o papel da atividade física como uma estratégia eficaz para melhorar a capacidade de resposta adaptativa a situações de estresse.

Além disso, observou-se maior atividade no **hipocampo** e menor atividade no **córtex pré-frontal** no grupo que se exercitou, sugerindo uma regulação neural atenuante do estresse. Os dados também indicaram que, nos indivíduos com maior **aptidão aeróbica**, houve respostas de cortisol ainda mais baixas, reforçando a ideia de que o condicionamento físico pode melhorar a eficácia do exercício como **modulador do estresse** (Zschucke et al., 2015).

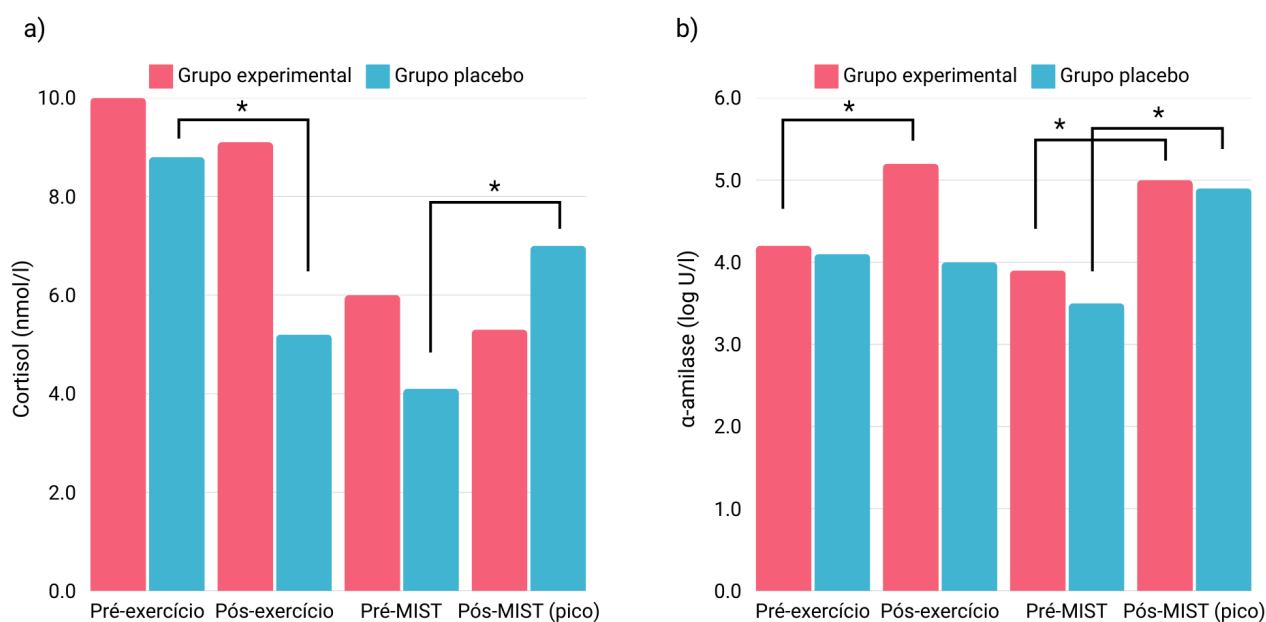


Figura 6. Flutuação dos (a) níveis de cortisol (painel à esquerda) e (b) α -amilase (painel à direita), pré e pós-exercício, e pré e pós a tarefa de estresse adaptado (MIST). As barras rosas representam os participantes do grupo experimental, que realizou exercício aeróbico moderado, e as barras azuis correspondem ao grupo placebo, que fez alongamentos leves. Os asteriscos indicam diferenças significativas, evidenciando os efeitos moduladores do exercício sobre as respostas hormonais ao estresse. (Fonte: adaptado de Zschucke et al., 2015).

Em outro estudo, Beserra et al. (2018) investigaram a relação entre a prática de atividade física e os níveis de cortisol em indivíduos com **Transtorno Depressivo Maior (TDM)**. O TDM é uma condição médica comum, frequentemente associada ao **estresse crônico**, o que está associada a desequilíbrios hormonais, especialmente nos níveis de cortisol. Como resultado dessa metanálise, os autores identificaram que a prática de atividade física levou a uma redução significativa dos níveis de cortisol em participantes com TDM. Tanto os exercícios aeróbicos quanto a frequência de cinco vezes por semana tiveram um impacto positivo na redução desses níveis.

Em conclusão, tanto o estudo de Zschucke et al. (2015) quanto a metanálise de Beserra et al. (2018) corroboram a ideia de que a atividade física desempenha um papel importante na **modulação da resposta ao estresse**, tanto em indivíduos saudáveis quanto naqueles com transtornos depressivos. A prática de atividade física, portanto, se mostra uma estratégia eficaz para a **regulação dos níveis de cortisol** e para melhorar a capacidade do organismo de reagir de forma funcional em situações estressoras.

1.2.3 Sistema de recompensa

Os mecanismos neurobiológicos que regulam o comportamento de **atividade física voluntária** são complexos e envolvem também as **vias dopaminérgicas** do encéfalo. A dopamina (DA) é um neurotransmissor associado à **motivação, recompensa e controle motor**. No contexto da atividade física, a DA é liberada em resposta a estímulos percebidos como recompensadores, como a prática de exercícios. Essa liberação ocorre em áreas específicas do cérebro, particularmente na via **dopaminérgica mesocorticolímbica**, que envolve o **núcleo accumbens**, a **área tegmental ventral (VTA)** e o **córtex pré-frontal**, conforme abordado no capítulo 5 (Stahl, 2014; Ruiz-Tejada et al., 2022).

As **vias dopaminérgicas** não apenas influenciam a **motivação** para a **atividade física**, mas também estão envolvidas na **formação de hábitos**. A repetição de comportamentos relacionados à atividade física pode gerar mudanças **neuroplásticas** nessas vias, reforçando a associação entre o exercício e a sensação de **recompensa**. Isso sugere que, à medida que uma pessoa se engaja regularmente na prática de atividade física, a **resposta dopaminérgica** se intensifica, facilitando a continuidade desse comportamento ao longo do tempo.

Além disso, o **ambiente** desempenha um papel determinante nos mecanismos **neurobiológicos** relacionados à atividade física. A exposição a ambientes que incentivam essa prática, como a disponibilidade de **equipamentos de exercício** ou a presença de pessoas fisicamente ativas no mesmo círculo social, pode influenciar o **sistema de recompensa dopaminérgico** e, consequentemente, a motivação para se exercitar (Ruiz-Tejada et al., 2022).

2 BENEFÍCIOS DA PRÁTICA REGULAR DE ATIVIDADE FÍSICA

A prática regular de atividade física oferece inúmeros benefícios à saúde, incluindo melhora da função cardiovascular, prevenção de doenças crônicas, redução de sintomas de depressão e ansiedade, além de promover um sono mais reparador e aprimorar o desempenho cognitivo (WHO, 2020; Rebar et al., 2015; Wegner et al., 2014; Erickson et al., 2019). Especificamente, a atividade física regular impacta positivamente funções cognitivas como atenção, memória e funções executivas (Festa et al., 2023). A partir disso, este tópico descreve os benefícios da prática de atividade física para o funcionamento cognitivo e a saúde mental.

2.1 Benefícios cognitivos

A relação entre atividade física e **desempenho cognitivo** tem sido amplamente investigada. Tivadar (2017) identificou que a prática de exercícios físicos aumenta o volume do hipocampo, uma estrutura essencial para a memória e o aprendizado. Os **exercícios aeróbicos**, em particular, são reconhecidos por aprimorar habilidades como atenção e funções executivas, fundamentais para o planejamento e a organização de tarefas. No ambiente acadêmico, Wunsch et al. (2021) realizaram uma revisão sistemática que destaca o papel da atividade física como moderadora do estresse em universitários, resultando em um desempenho acadêmico superior. A prática regular não só reduz os níveis de estresse e ansiedade, mas também melhora a memória e a concentração, fatores essenciais durante períodos críticos, como avaliações e provas.

Estudantes fisicamente ativos também apresentam maior capacidade de manter a **concentração** e melhoram sua **resistência mental** em situações de alta demanda. Além disso, a prática de exercícios está associada a um aumento da autoestima e ao desenvolvimento de hábitos saudáveis, que, por sua vez, favorecem o desempenho acadêmico. Outro benefício da atividade física é sua capacidade de estimular a **neurogênese** e a liberação de neurotransmissores como **dopamina** e **serotonina**, que promovem a regulação do humor e facilitam o aprendizado. Esses processos tornam a retenção de informações mais eficiente e fortalecem a capacidade de assimilação de conteúdos (Wunsch et al., 2021).

Por fim, a atividade física promove o desenvolvimento de habilidades como disciplina e resiliência, características que podem ser aplicadas ao contexto educacional. O senso de realização associado à prática regular aumenta a **motivação** e a **autoconfiança**, elementos cruciais para alcançar metas acadêmicas e pessoais. Dessa forma, o impacto positivo da atividade física vai além da saúde física, envolvendo também ganhos significativos no desempenho cognitivo e emocional.

2.2 Benefícios para a saúde mental

A **saúde mental** dos estudantes universitários é uma preocupação crescente na **saúde pública**, com dados que indicam que aproximadamente 35% dessa população atendem aos critérios diagnósticos para ao menos uma condição mental comum. As taxas de **depressão** entre estudantes universitários são significativamente mais elevadas do que na população geral, com cerca de 25% relatando **sintomas depressivos**. Além disso, há uma preocupação crescente com a ideação suicida, que afeta 14% dos estudantes. A **transição para a vida acadêmica** é identificada como um período crítico, em que fatores como pressão acadêmica e dificuldades financeiras podem agravar problemas de saúde mental (Sheldon et al., 2021).

Nesse contexto, a **atividade física** se destaca como uma intervenção potencialmente eficaz, pois sua prática regular pode melhorar a saúde mental, reduzir os níveis de **estresse acadêmico** e promover o **bem-estar psicológico** (Wunsch et al., 2021). Em um estudo realizado por Rodríguez-Romo et al. (2022) encontraram uma correlação significativa entre níveis mais altos de atividade física e melhores indicadores de saúde mental. Nessa metanálise, estudantes universitários fisicamente ativos relataram menores níveis de **ansiedade** e **depressão**. Os resultados indicam que a prática regular de atividade física pode atuar como um fator protetor contra distúrbios mentais, promovendo não apenas a saúde física, mas também contribuindo para a **resiliência emocional** e o **bem-estar psicológico**.

Além disso, o estudo categoriza a atividade física em três níveis: **baixa, moderada e alta**. Os dados revelam que os estudantes com **altos níveis de atividade física** apresentaram os melhores resultados em termos de saúde mental, enquanto aqueles com **baixos níveis de atividade física** demonstraram maior prevalência de sintomas de ansiedade e depressão. Essa descoberta destaca a importância de incentivar a prática de atividades físicas regulares, já que mesmo uma quantidade modesta de exercício pode ter um impacto positivo na saúde mental. Os autores sugerem que intervenções que promovam a atividade física sejam adaptadas às necessidades e preferências dos estudantes, a fim de maximizar a adesão e os benefícios associados (Rodríguez-Romo et al., 2022).

3 RECOMENDAÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA

Compreender os conceitos e benefícios neurocientíficos da atividade física pode auxiliar na criação de rotinas eficazes, favorecendo a repetição dos exercícios e, consequentemente, a formação de **hábitos duradouros** por meio da **neuroplasticidade**. O **sistema de recompensa** pode ser potencializado por práticas de atividade física realizadas de forma voluntária, proporcionando uma recompensa natural que torna a experiência prazerosa e satisfatória, além de aumentar a **motivação** e a **adesão** à atividade física. A prática regular de atividade física equilibra as respostas hormonais e melhora a saúde mental, reduzindo o estresse e aumentando a disposição e o bem-estar. Essas mudanças tornam a atividade física mais agradável e motivadora, facilitando sua incorporação na rotina diária. Além disso, a prática de atividades físicas em grupo ou com a família pode aumentar a **motivação**, tornando a experiência da atividade mais agradável e socialmente gratificante. A seguir, serão apresentadas recomendações e estratégias práticas para a inclusão da atividade física no cotidiano.

3.1 Recomendações da Organização Mundial da Saúde para a prática de atividade física

A OMS estabelece diretrizes claras para a prática regular de atividade física. Para ser considerada fisicamente ativa, uma pessoa deve realizar entre **150 e 300 minutos semanais** de atividade física aeróbica de intensidade **moderada** ou entre **75 e 150 minutos semanais** de

atividade física de intensidade **vigorosa** (WHO, 2020). O Ministério da Saúde (2021) define a atividade física de intensidade moderada como aquela que exige um nível de esforço físico no qual a respiração se torna mais rápida que o normal e há um aumento moderado dos batimentos cardíacos. Já a atividade física de intensidade vigorosa requer um grande esforço físico, onde a respiração se torna muito mais rápida e há uma elevação significativa dos batimentos cardíacos.

Incorporar pequenas mudanças na rotina diária, como optar por usar escadas, caminhar ou pedalar para o trabalho, realizar pausas ativas, como alongamentos, ou estabelecer metas de passos diários, pode fazer diferença para a saúde e o bem-estar. Não é necessário seguir uma rotina rígida ou praticar esportes para ser fisicamente ativo, por mais que praticar exercícios seja recomendado para a **manutenção física do corpo**. Logo, ser fisicamente ativo envolve ter maior movimentação corporal no dia a dia. “Cada movimento conta”, essa é a recomendação da OMS para a prática de atividade física, desde que seja feita de forma segura.

3.2 Estratégias para a prática de atividade física

Para promover a prática de atividade física eficazmente, o Ministério da Saúde (2021) elaborou o **Guia de Atividade Física para a População Brasileira**, que apresenta estratégias para integrar exercícios à rotina diária e está disponível no material complementar. O planejamento desempenha um papel fundamental nesse processo: identificar horários e oportunidades adequados facilita a adoção de um estilo de vida ativo. Utilizar espaços comunitários, como praças, quadras e parques, que contam com infraestrutura para atividades físicas, é uma abordagem prática e acessível.

A **hidratação** também é essencial. Beber água antes, durante e após o exercício ajuda a manter o corpo hidratado e melhora o desempenho. Para atividades realizadas ao ar livre, é recomendável o uso de proteção solar, como bonés, roupas de manga longa e protetor solar, a fim de minimizar os danos causados pela exposição ao sol.

Escolher uma atividade física que esteja alinhada às preferências individuais é um dos fatores mais importantes para garantir adesão a longo prazo. Caminhar, dançar, praticar esportes ou participar de aulas de ginástica são exemplos de atividades que podem ser ajustadas ao gosto pessoal. Experimentar diferentes modalidades permite encontrar uma prática que seja agradável, transformando o exercício em um hábito sustentável e prazeroso.

Para incorporar a atividade física no cotidiano, pode-se reservar momentos específicos para caminhadas, realizadas sozinho ou acompanhado. Além disso, atividades estruturadas, como musculação, hidroginástica, pilates ou ioga, são frequentemente oferecidas em academias ou centros comunitários. Outra estratégia eficaz é integrar o exercício aos **deslocamentos diários**, optando por caminhar ou usar bicicleta para percorrer distâncias curtas, eliminando a necessidade de tempo extra dedicado ao exercício. **Atividades recreativas**, como jogos ativos ou esportes coletivos (por exemplo, vôlei, peteca ou tênis de mesa), também podem ser realizadas em momentos de lazer, tornando a prática mais interativa e agradável.

O **uso de tecnologias**, como aplicativos para monitoramento de passos, distâncias percorridas ou calorias gastas, pode ser um incentivo adicional, ajudando a estabelecer metas e acompanhar o progresso. Além disso, promover a prática de atividade física desde a **infância**, incluindo crianças e jovens com deficiência, é essencial para o desenvolvimento integral. Cada indivíduo possui seu próprio ritmo, e a sensação de competência ao realizar exercícios físicos é vital para fortalecer a autoestima e a autonomia. A inclusão e a realização de adaptações necessárias tornam a prática acessível a todos, gerando benefícios não apenas individuais, mas também comunitários, ao construir uma sociedade mais saudável e inclusiva.

RESUMO

- A atividade física inclui qualquer movimento corporal realizado pelos músculos esqueléticos que requer gasto energético, como caminhar, praticar esportes ou realizar tarefas cotidianas.
- Os mecanismos neurobiológicos da atividade física podem ser caracterizados em hierarquia (estratégia, tática e execução). Cada nível hierárquico possui sua função específica e todos interagem entre si para a execução do movimento.
- O nível de estratégia está relacionado com o planejamento e definição do movimento, tendo como áreas relacionadas: áreas associativas do neocórtex e núcleos da base. O nível de tática está relacionado com a definição de como o movimento será realizado, tendo como áreas relacionadas: córtex motor e cerebelo. O nível de execução está relacionado com a ativação direta dos músculos e ajustes posturais, tendo como áreas relacionadas: tronco encefálico e medula espinhal.
- A atividade física regular melhora funções cognitivas como a neuroplasticidade, a neurogênese hipocampal, o aumento da síntese de BDNF, na concentração, atenção, memória e funções executivas. Além de influenciar no sistema de recompensa, proporcionando maior liberação de dopamina no núcleo accumbens, influenciando na motivação.
- A prática regular de atividade física melhora a saúde cardiovascular, previne doenças crônicas, reduz sintomas de depressão, ansiedade e estresse, melhora o bem-estar psicológico, diminui o estresse acadêmico e promove resiliência emocional e socialização.
- Em estudantes universitários, a prática regular de atividade física está associada com melhora na saúde mental e no desempenho acadêmico, na redução do estresse, no aumento da resiliência emocional, maior socialização e prevenção de doenças.
- A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda entre 150–300 minutos semanais de atividade aeróbica moderada ou 75–150 minutos de atividade vigorosa para ser fisicamente ativo.
- Estratégias práticas podem ser incrementadas no dia-a-dia para aumentar a frequência de atividade física no cotidiano, como identificar horários, adotar planejamentos, utilizar de espaços disponíveis na comunidade, parques ou praças e escolher uma prática que seja mais agradável à escolha pessoal.

EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO

Responda verdadeiro (V) ou falso (F) para as afirmativas abaixo:

1. O nível estratégico do controle motor é responsável pela execução direta dos movimentos, como a contração muscular. ()
2. O córtex motor e o cerebelo trabalham juntos para ajustar e refinar os movimentos, garantindo precisão durante a execução de atividades físicas. ()
3. A prática regular de atividade física aumenta a liberação do Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF), promovendo a neurogênese e melhorando a memória. ()
4. O sistema de recompensa cerebral é ativado pela atividade física, mas não influencia a motivação ou a formação de hábitos. ()
5. A atividade física não tem impacto direto sobre a regulação do estresse ou a redução dos níveis de cortisol. ()

Respostas:

1. Falso. O nível estratégico do controle motor é responsável pelo planejamento geral dos movimentos e pela definição de objetivos, envolvendo áreas associativas do neocórtex e os núcleos da base. A execução direta é realizada pelo nível de execução (Bear et al., 2017; Breedlove & Watson, 2017).
2. Verdadeiro. O córtex motor envia os comandos para os músculos, enquanto o cerebelo ajusta esses comandos em tempo real, refinando os movimentos para garantir precisão e suavidade (Bear et al., 2017).
3. Verdadeiro. Estudos indicam que a prática de exercícios físicos eleva os níveis de BDNF, contribuindo para a formação de novos neurônios (neurogênese) e o fortalecimento de conexões cerebrais associadas à memória e ao aprendizado (Dishman et al., 2006; Liu & Nusslock, 2018).
4. Falso. A prática de atividade física ativa o sistema de recompensa cerebral, aumentando a liberação de dopamina, neurotransmissor que reforça a motivação e facilita a formação de hábitos saudáveis (Ruiz-Tejada et al., 2022; Stahl, 2014).
5. Falso. A prática regular de exercícios reduz os níveis de cortisol e melhora a capacidade adaptativa do organismo ao estresse, regulando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) (Zschucke et al., 2015; Beserra et al., 2018).

VIDEOAULAS

- Videoaula: [MÓDULO 7: Bases biológicas da atividade física](#)
- Videoaula: [MÓDULO 7: Benefícios da atividade física para a cognição e a saúde mental, e estratégias para sua execução](#)

MATERIAL COMPLEMENTAR

- Livro: [GUIA DE ATIVIDADE FÍSICA](#)
- Vídeo:  Por que fazer atividade física | Drauzio Comenta #34
- Vídeo:  Qual o efeito do exercício físico no corpo?
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2017). **Controle encefálico do movimento**. In M. F. Bear, B. W. Connors, & M. A. Paradiso (Eds.), *Neurociências: desvendando o sistema nervoso* (4ª ed., pp. 483-518). Artmed.

REFERÊNCIAS

- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. N. (2017). *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Editora Artmed. Porto Alegre.
- Beserra, A. H. N., Kameda, P., Deslandes, A. C., Schuch, F. B., Laks, J., & De Moraes, H. S. (2018). Can physical exercise modulate cortisol level in subjects with depression? A systematic review and meta-analysis. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 40(4), 360–368. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2017-0155>
- Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2017). *Behavioral neuroscience* (8th ed.). Oxford University Press.
- Dishman RK, Berthoud HR, Booth FW, Cotman CW, Edgerton VR, Fleshner MR, Gandeia SC, Gomez-Pinilla F, Greenwood BN, Hillman CH, Kramer AF, Levin BE, Moran TH, Russo-Neustadt AA, Salamone JD, Van Hoomissen JD, Wade CE, York DA, Zigmond MJ. Neurobiology of exercise. *Obesity (Silver Spring)*. 2006 Mar;14(3):345-56. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.46>
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., Stillman, C. M., Ballard, R., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R. F., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical activity, Cognition, and Brain Outcomes: A review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001936>
- Festa, F., Medori, S., & Macri, M. (2023). Move your body, boost your brain: The positive impact of physical activity on cognition across all age groups. *Biomedicines*, 11(6), 1765. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061765>

- FSB Pesquisa. (2023). Saúde e trabalho: Impactos da pandemia na saúde do trabalhador da indústria. Confederação Nacional da Indústria. https://static.portaldaindustria.com.br/portaldaindustria/noticias/media/filer_public/71/84/71842eff-238c-4536-ab68-cf0f9c461b7b/pesquisa_cni_saude_trabalho.pdf
- Liu PZ and Nusslock R (2018) Exercise-Mediated Neurogenesis in the Hippocampus via BDNF. *Front. Neurosci.* 12:52. doi: 10.3389/fnins.2018.00052
- Ministério da Saúde. (2021). GUIA DE ATIVIDADE FÍSICA PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf
- Organização Mundial da Saúde. (2020). *Diretrizes da OMS para atividade física e comportamento sedentário: num piscar de olhos* (ISBN 9789240014886). <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336657/9789240015111-eng.pdf>
- Rebar, A. L., Stanton, R., Geard, D., Short, C., Duncan, M. J., & Vandelanotte, C. (2015). A meta- meta-analysis of the effect of physical activity on depression and anxiety in non-clinical adult populations. *Health Psychology Review*, 9(3), 366–378. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1022901>
- Ribeiro, D., Petrigna, L., Pereira, F., Muscella, A., Bianco, A., & Tavares, P. (2021). The Impact of Physical Exercise on the Circulating Levels of BDNF and NT 4/5: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22. <https://doi.org/10.3390/ijms22168814>.
- Rodríguez-Romo, G., Acebes-Sánchez, J., García-Merino, S., Garrido-Muñoz, M., Blanco-García, C., & Díez-Vega, I. (2023). Physical activity and mental health in undergraduate students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 195. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010195>
- Ruiz-Tejada, A., Neisewander, J., & Katsanos, C. S. (2022). Regulation of Voluntary Physical Activity Behavior: A review of evidence involving dopaminergic pathways in the brain. *Brain Sciences*, 12(3), 333. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030333>
- Sheldon, E., Simmonds-Buckley, M., Bone, C., Mascarenhas, T., Chan, N., Wincott, M., Gleeson, H., Sow, K., Hind, D., & Barkham, M. (2021). Prevalence and risk factors for mental health problems in university undergraduate students: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 287, 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.03.054>
- Stahl, S. M. (2014). *Stahl's essential psychopharmacology*. (4th ed.). Cambridge University Press.
- Tivadar, B. (2017). Physical activity improves cognition: possible explanations. *Biogerontology*, 18, 477-483. <https://doi.org/10.1007/s10522-017-9708-6>
- Wegner, M., Helmich, I., Machado, S., Nardi, A., Arias-Carrion, O., & Budde, H. (2014). Effects of Exercise on Anxiety and Depression Disorders: Review of Meta- Analyses and Neurobiological Mechanisms. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets*, 13(6), 1002–1014. <https://doi.org/10.2174/1871527313666140612102841>
- World Health Organization. (2020). Physical activity. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Wunsch, K., Fiedler, J., Bachert, P., & Woll, A. (2021). The tridirectional relationship among physical activity, stress, and academic performance in university students: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 739. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020739>
- Zschucke, E., Renneberg, B., Dimeo, F., Wüstenberg, T., & Ströhle, A. (2015). The stress-buffering effect of acute exercise: Evidence for HPA axis negative feedback. *Psychoneuroendocrinology*, 51, 414–425. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.10.019>

Considerações finais



Ao longo desta obra, exploramos a inter-relação entre o sistema nervoso e a aprendizagem, destacando a influência de aspectos neurobiológicos no desenvolvimento acadêmico e na saúde mental dos estudantes. Abordamos conceitos fundamentais da neurociência aplicada à educação, incluindo a neuroplasticidade, os mecanismos de formação e consolidação da memória, e a importância da regulação emocional para um aprendizado eficaz.

A compreensão dos processos neurais subjacentes à aprendizagem permite a formulação de estratégias mais eficazes para potencializar o desempenho acadêmico. A adoção de práticas como revisões espaçadas, ensino ativo, regulação do sono e gestão do estresse contribui diretamente para a retenção do conhecimento e a otimização da performance cognitiva. Essas estratégias, alicerçadas em evidências científicas, reforçam a necessidade de um olhar integrado para o aprendizado, que considere tanto os fatores biológicos quanto os contextuais. Ademais, discutimos a influência de fatores externos, como a alimentação, a atividade física e o uso de substâncias psicoativas, no funcionamento cerebral e no processo de aprendizagem. Fatores comportamentais e ambientais desempenham papel essencial na saúde cognitiva e no desempenho acadêmico, destacando a importância de hábitos saudáveis para um aprendizado sustentável e eficaz.

Por fim, este material visa fomentar a reflexão sobre como o conhecimento neurocientífico pode ser aplicado no cotidiano acadêmico, incentivando uma abordagem mais consciente e baseada em evidências para a educação. Acreditamos que a disseminação desses conhecimentos pode contribuir significativamente para a melhoria das práticas pedagógicas e para o desenvolvimento de estudantes mais autônomos, motivados e preparados para enfrentar os desafios do aprendizado ao longo da vida.

